
Évaluation du descripteur 5 « Eutrophisation » en France métropolitaine.

**Rapport scientifique pour
l'évaluation 2018 au titre de la
DCSMM.**

Évaluation DCSMM 2018 de l'état d'eutrophisation des eaux marines françaises

Rapport national français.

Fiche documentaire

Numéro d'identification du rapport : ODE/LITTORAL/LER.BL/17.08 Diffusion : libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/> Validé par : Adresse électronique :		date de publication : nombre de pages : 256 bibliographie : oui illustration(s) : oui langue du rapport : français
Titre de l'article : Évaluation du descripteur 5 « Eutrophisation » en France métropolitaine. Rapport scientifique pour l'évaluation 2018 au titre de la DCSMM.		
Contrat n° Rapport intermédiaire <input checked="" type="checkbox"/> Rapport définitif <input type="checkbox"/>		
Auteur(s) principal(aux) : Devreker David Lefebvre Alain	Organisme / Direction / Service, laboratoire Ifremer/ODE/LITTORAL/LER.BL Ifremer/ODE/LITTORAL/LER.BL	
Collaborateur(s) : Ballu Sylvain Soudant Dominique Brun Mélanie Trut Gilles Menet-Nedelec Florence Menesguen Alain Gohin Francis Dubois Aurélie Miossec Laurence Bouchoucha Marc	CEVA Ifremer/ODE/VIGIES Ifremer/ODE/VIGIES Ifremer/ODE/LITTORAL/LER.AR Ifremer/ODE/LITTORAL/LER.N Ifremer/ODE/DYNECO/LEBCO Ifremer/ODE/DYNECO/PELAGOS SOeS Ifremer/ODE/VIGIES Ifremer/ODE/LITTORAL/LER.PAC	
Cadre de la recherche Evaluation Initiale 2018 de l'état d'eutrophisation des eaux marines françaises		
Destinataire Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la mer / Direction de l'Eau et de la Biodiversité		
Résumé Ce rapport est la seconde évaluation de l'état d'eutrophisation (descripteur 5) des eaux françaises effectuée dans le cadre de la DCSMM dont le but est de déterminer l'atteinte ou non du Bon État Écologique des eaux françaises. Il fait suite à l'évaluation initiale de 2012, dont il est la révision, et introduit le début du second cycle du Programme d'Actions pour le Milieu Marin. Il montre que les eaux marines françaises, au-delà des 12 miles nautiques de la côte, atteignent le BEE vis-à-vis de l'eutrophisation, comme définit par la Décision 2017/848/EU. Les problèmes liés à l'eutrophisation sont plus présents dans la partie plus côtière, sous la ligne des 12 mn, où 6,5 % de la superficie n'atteint pas le BEE. Les sources de pressions d'eutrophisation, les forces et faiblesses de l'évaluation ainsi que les améliorations à apporter sont discutées.		
Abstract This report is the second assessment of French marine water eutrophication status (descriptor 5) done in the framework of the MSFD. The goal of this report is to determine if French marine water reach the Good Ecological State as defined by the MSFD. It stands next to the initial evaluation made in 2012, from which it is an update. It introduces the second cycle of the Marine Environment Action Program. It shows that French marine waters, behind the 12 nm line, reach the GES as defined by the MSFD. Problems link to eutrophication occurs in marine waters above the 12 nm, where 6.5% of the area do not reach the GES.		

Mots-clés

DCSMM, eutrophisation, évaluation, Bon Etat Ecologique, seuils, indicateurs, nutriments, chlorophylle-*a*, oxygène, turbidité, macroalgues, pressions écologiques.

Keywords

MSFD, eutrophication, assessment, Good Environmental Status, thresholds, indicators, nutrients, chlorophyll-*a*, oxygen, turbidity, macroalgae, ecological pressures.

GLOSSAIRE

AMBI, M-AMBI : (Multivariate-)AZTI's Marine Biotic Index

ARCHYD : Réseau de suivi hydrologique sur le Bassin d'Arcachon

BEE : Bon Etat Ecologique

CEVA : Centre d'Etude et de Valorisation des Algues

COMP3 : Troisième application de la procédure commune OSPAR (pour évaluer l'état d'eutrophisation des eaux marines)

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DCSMM : Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin

DEB : Direction de l'Eau et de la Biodiversité

DREAL : Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

RQE : Ratio de Qualité Ecologique

EMEP : European Monitoring and Evaluation Programme

EMoSEM : Ecosystem Models as Support to Eutrophication Management In the North Atlantic Ocean

FOAM AMM7 : Forecasting Ocean Assimilation Model 7km Atlantic Margin model

GdG : Golfe de Gascogne

GIG-NEA : Geographical Intercalibration Group – North East Atlantic

HAB : Harmful Algal Bloom (Bloom d'algues nuisibles)

HEAT : HELCOM Eutrophication Assessment Tool

HELCOM : (Baltic Marine Environment Protection Commission - Helsinki Commission)

ICG-EUT : Intersessional Correspondence Group on Eutrophication

IGN : Institut national de l'information géographique et forestière

MARS 3D : Model for Applications at Regional Scale and Three Dimension (tide, wind and density)

MC : Mer Celtique

MEC : Masse d'Eau Côtière (au sens DCE)

MMN : Manche – Mer du Nord

mn : mile nautique

MO : Méditerranée Occidentale

MODIS : Spectroradiomètre imageur à résolution moyenne

NAO : North Atlantic Oscillation

NEAT : Nested Environmental Assessment Tool

NID : Azote (N : espèce chimique) Inorganique Dissous
NTU : Nephelometric Turbidity Unit
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
OSPAR : Oslo and Paris Conventions
P90 : Percentile 90
PAMM : Plan d'Action pour le Milieu Marin
PdS : Programme de Surveillance
PID : Phosphate Inorganique Dissous
PNEC : Programme National d'Environnement Côtier
RESOMAR : Réseau des Stations et Observatoires Marins
REPHY : Réseau d'Observation et de Surveillance du Phytoplancton et des Phycotoxines
RHLN : Réseau Hydrologique Littoral Normand
RID : Riverine Inputs and Direct Discharges
RLM : Réseau Littoral Méditerranéen
SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIG : Système d'Information Géographique
SISMER : Systèmes d'Informations Scientifiques pour la MER
SOeS : Service de l'Observation et des Statistiques
SP x : Sous-Programme x (du PdS)
SRM : Sous-Région Marine
SRN : Suivi Régional des Nutriments
STEU : Station de Traitement des Eaux Usées
UGE : Unité Géographique d'Évaluation
VIGIES : Service « Valorisation de l'Information pour la Gestion Intégrée Et la Surveillance » (Ifremer)

Tables des figures

FIGURE 1. INTERACTIONS ENTRE LES DIFFERENTS ELEMENTS IMPLIQUES DANS LE PROCESSUS D'EUTROPHISATION. (+) RENFORCEMENT DU PROCESSUS, (-) INHIBITION DU PROCESSUS. CAT. CATEGORIES DE LA PROCEDURE COMMUNE D'EVALUATION DE L'ETAT D'EUTROPHISATION D'OSPAR. (SOURCE : CLAUSSEN ET AL., 2009). LES PARAMETRES ENTOURES EN GRAS SONT CEUX CONSIDERES PAR LA DCSMM DANS LA DEFINITION DU DESCRIPTEUR 5.	26
FIGURE 2. LES DIFFERENTES SOUS-REGIONS MARINES DE LA METROPOLE FRANÇAISE TELLES QUE DECRITES DANS LA DCSMM, ET LEUR ZONATION DE LA COTE VERS LE LARGE.	31
FIGURE 3. DELIMITATIONS DES ZONES MARITIMES EN LIEN AVEC LE DECOUPAGE DES UNITES MARINES DE RAPPORTAGE. LES DISTANCES A LA COTE SONT DEFINIES PAR RAPPORT A LA LIGNE DE BASE. LES 12 MILLES NAUTIQUES DE LA LIMITE DE LA ZONE INTERMEDIAIRE CORRESPONDENT A LA LIMITE DE LA MER TERRITORIALE ET LA ZONE LARGE (AU-DELA DES 12 MN) CORRESPOND A LA ZONE ECONOMIQUE EXCLUSIVE (ZEE). SOURCE: SEXTANT.....	36
FIGURE 4A. UGE REPRESENTES A L'ECHELLE DE LA SRM MMN. MASSES D'EAU DCE EN BLEU (D < 1 MN). MASSES D'EAU INTERMEDIAIRES (1/20°) ET DU LARGE (1/5°) EN NOIR POUR L'ECOTYPE NEA 1/26B ET EN BLANC POUR L'ECOTYPE NEA 1/26A. SOURCES: IFREMER, DEB.	42
FIGURE 5B. UGE REPRESENTES A L'ECHELLE DE LA SRM MC. MASSES D'EAU DCE EN BLEU (D < 1 MN). MASSES D'EAU INTERMEDIAIRES (1/20°) ET DU LARGE (1/5°). SOURCES: IFREMER, DEB.	42
FIGURE 5C. UGE REPRESENTES A L'ECHELLE DE LA SRM GdG. MASSES D'EAU DCE EN BLEU (D < 1 MN). MASSES D'EAU INTERMEDIAIRES (1/20°) ET DU LARGE (1/5°). SOURCES: IFREMER, DEB.	43
FIGURE 5D. UGE REPRESENTES A L'ECHELLE DE LA SRM MO. MASSES D'EAU DCE EN BLEU (D < 1 MN). MASSES D'EAU INTERMEDIAIRES (1/20°) ET DU LARGE (1/5°). SOURCES: IFREMER, DEB.	43
FIGURE 5. DISTRIBUTION PAR RAPPORT A LA SALINITE DES CONCENTRATIONS DE SURFACE EN NID (NITRATE + NITRITE + AMMONIUM) MESUREES EN HIVER AU COURS DE LA PERIODE 2003 – 2008 DANS LES ECOTYPES « TEMOINS » : ARCACHON, LOIRE ET SEINE. NORMALISATION DE LA CONCENTRATION DE NID A 33 DE SALINITE A L'AIDE DE LA DROITE DE DILUTION (DANIEL ET SOUDANT, 2010).	46
FIGURE 6. DISTRIBUTION DES VALEURS DE NID NORMALISEES A 33 DE SALINITE DES 3 ECOTYPES « TEMOINS » PAR RAPPORT A LEUR RQE DE CHLOROPHYLLE. DETERMINATION DE DEUX VALEURS SEUIL DE NID CORRESPONDANT A L'RQE « TRES BON ETAT/BON ETAT » ET A L'RQE « BON ETAT/MOYEN ETAT » DE CHLOROPHYLLE (DANIEL ET SOUDANT, 2010). ..	47
FIGURE 7. RESULTAT DE L'APPLICATION DES SEUILS, CALCULES AVEC DIFFERENTES METHODES, AUX DONNEES DE CONCENTRATION EN NITRATE (µMOL.L-1) DES ZONES INTERMEDIAIRE ET LARGE PAR MAILLE : A. SEUIL DCE, B. METHODE "COURBE DE REFERENCE", C. METHODE "ABATTEMENT" 15 % - 30 %, D. METHODE "ABATTEMENT" 15 % - 50 %, E. METHODE "MAXIMUM PRISTINE" + 50 %, F. METHODE "MEDIANE PRISTINE" + 50 %. LES ZONES EN ROUGE N'ATTEIGNENT PAS LE BEE, LES ZONES EN VERT ATTEIGNENT LE BEE VIS-A-VIS DU CRITERE D5C1 (AZOTE).	48
FIGURE 8. RADIALES COTE-LARGE UTILISES POUR CALCULER LES SEUILS DES ZONES INTERMEDIAIRE ET LARGE. 1 : RADIALE DUNKERQUE, 2 : RADIALE BOULOGNE SUR MER, 3 : RADIALE SOMME, 4 : RADIALE SEINE, 5 : RADIALE CHERBOURG, 6 : RADIALE CHAUSEY-DONVILLE, 7 : RADIALE BREHAT, 8 : RADIALE OUESSANT, 9 : RADIALE GROIX, 10 : RADIALE VILAINE, 11 : RADIALE LOIRE, 12 : RADIALE ILE D'YEU, 13 : RADIALE GIRONDE, 14 : RADIALE ARCACHON.	49
FIGURE 9. DISTRIBUTION DES VALEURS DE NITRATES IN SITU (A.) ET "PRISTINES" (B.) NORMALISEES A 34,5 DE SALINITE SUR 14 RADIALES COTE-LARGE (FIGURE 8) PAR RAPPORT A LEUR RQE DE CHLOROPHYLLE-A. DETERMINATION DE LA VALEURS SEUIL DE NITRATES CORRESPONDANT A L'RQE « BON ETAT/MOYEN ETAT » DE CHLOROPHYLLE-A.	50
FIGURE 10. RADIALE COTE-LARGE UTILISEE POUR CALCULER LES SEUILS DES ZONES INTERMEDIAIRE ET LARGE DE LA SRM MO.	52
FIGURE 11. RESULTAT DE L'APPLICATION DES SEUILS, CALCULES AVEC DIFFERENTES METHODES, AUX DONNEES DE CONCENTRATION EN PID (µMOL.L-1) DES ZONES INTERMEDIAIRE ET LARGE PAR MAILLE : A. METHODE "MEDIANE PRISTINE" + 50 %, B. METHODE "MAXIMUM PRISTINE" + 50 %. LES ZONES EN ROUGE N'ATTEIGNENT PAS LE BEE, LES ZONES EN VERT ATTEIGNENT LE BEE.	54
FIGURE 12. SCHEMA DU PROCESSUS DE QUALIFICATION DES DONNEES DANS QUADRIGE ² (ISSU DE LE MOIGNE ET GAUTHIER, 2015).	55
FIGURE 13. RESULTAT DE L'APPLICATION DES SEUILS, CALCULES AVEC DIFFERENTES METHODES, AUX DONNEES DE CONCENTRATION EN CHLOROPHYLLE-A (µG.L-1) DES ZONES INTERMEDIAIRE ET LARGE PAR MAILLE : A. SEUIL DCE, B. METHODE "ABATTEMENT" 50 % - 60 %, C. METHODE "P90 PRISTINE" + 50 %, D. METHODE "P90 PRISTINE" / RQE-DCE. LES ZONES EN ROUGE N'ATTEIGNENT PAS LE BEE, LES ZONES EN VERT ATTEIGNENT LE BEE.....	61
FIGURE 14. RESULTAT DE L'APPLICATION DES SEUILS, CALCULES AVEC DIFFERENTES METHODES, AUX DONNEES DE TURBIDITE (NTU) DES ZONES INTERMEDIAIRE ET LARGE PAR MAILLE : A. SEUIL DCE, B. METHODE "ABATTEMENT" 30 % - 70 %,	

C. METHODE "ABATTEMENT" 50 %. LES ZONES EN ROUGE SONT EN MAUVAIS ETAT, LES ZONES EN VERT SONT EN BON ETAT.....	68
FIGURE 15. PROTOCOLE D'EXTRACTION DES DONNEES ISSUES DES IMAGES SATELLITE ET DES MODELES ET LEUR UTILISATION DANS LE CADRE DE L'EVALUATION DCSMM.....	85
FIGURE 16A. SCHEMA CONCEPTUEL D'EVALUATION DU DESCRIPTEUR 5 ; SCENARIO 1 : L'AGREGATION SPATIALE DES CRITERES A L'ECHELLE DES SRM INTERVIENT AVANT LEUR INTEGRATION.	89
FIGURE 17B. SCHEMA CONCEPTUEL D'EVALUATION DU DESCRIPTEUR 5 ; SCENARIO 2 : L'AGREGATION SPATIALE DES CRITERES A L'ECHELLE DES SRM INTERVIENT APRES LEUR INTEGRATION A L'ECHELLE DES UGE.	90
FIGURE 17. SCHEMA DU PROCESSUS D'EVALUATION DU DESCRIPTEUR 5. TOUTES LES MESURES COMPRISES DANS LA PERIODE D'EVALUATION (2010-2016) SONT PRISENT EN COMPTE (1...X) POUR LE CALCUL DES INDICATEURS. LA VALEUR OBTENUE A L'ISSUE DE CE CALCUL (RQE OU VALEUR MESUREE) EST CONFRONTEE AU SEUIL DU CRITERE (**PRIMAIRE OU *SECONDAIRE) POUR OBTENIR UN SCORE (+/-). CES SCORES SONT INTEGRES ENTRE CRITERES PAR UGE. LA DERNIERE ETAPE CONSISTE A AGREGER SPATIALEMENT LES RESULTATS EN CALCULANT LE POURCENTAGE DE SUPERFICIE DE LA SRM EN BEE ET NON BEE.	91
FIGURE 18. POINTS DE PRELEVEMENTS DE LA SOUS-REGION MARINE MANCHE-MER DU NORD UTILISEES POUR EFFECTUER L'EVALUATION DES CRITERES D5C1, D5C2, D5C4 ET D5C5 A LA COTE. LES ETOILES REPRESENTENT LES POINTS LABELLISES DU SYSTEME NATIONAL D'OBSERVATION (SNO) POUR LESQUELS LES TENDANCES TEMPORELLES DU PARAMETRE CHLOROPHYLLE-A ONT ETE ANALYSEES. SOURCE : IFREMER, DEB.....	96
FIGURE 19. LINEAIRE SURVOLE POUR DETERMINER LES ZONES D'ECHOUAGE DE MACROALGUES OPPORTUNISTES ET LEUR SUPERFICIE. SOURCES : CEVA, REBENT 2014.	97
FIGURE 20A. ÉVALUATION DU CRITERE D5C1 (ELEMENTS NITRATE EN ZONES INTERMEDIAIRE ET LARGE ET NID A LA COTE) DANS LA SOUS-REGION MARINE MANCHE-MER DU NORD. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES.	98
FIGURE 21B. ÉVALUATION DU CRITERE D5C1 (ELEMENT PID) DANS LA SOUS-REGION MARINE MANCHE-MER DU NORD. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES OU PAR MANQUE DE SEUIL.....	99
FIGURE 21. ÉVALUATION DU CRITERE D5C2 DANS LA SOUS-REGION MARINE MANCHE-MER DU NORD. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES.	101
FIGURE 22. VARIATION PLURI-ANNUELLE DE LA CONCENTRATION EN CHLOROPHYLLE-A SUR LES 3 POINTS DU RESEAU REPHY DE LA SRM MMN LABELLISES DANS LE CADRE DU SNO. LES FLECHES ET DONNEES EN ROUGE MONTRENT LES TENDANCES SIGNIFICATIVES A LA HAUSSE, LES FLECHES ET DONNEES EN VERT MONTRENT LES TENDANCES SIGNIFICATIVES A LA BAISSSE ET LES FLECHES NOIRES L'ABSENCE DE TENDANCE SIGNIFICATIVE (TEST MANN-KENDAL SAISONNIER ET P.VALUE > 0,05).	103
FIGURE 23. ÉVALUATION DU CRITERE D5C4 DANS LA SOUS-REGION MARINE MANCHE-MER DU NORD. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES.	104
FIGURE 24. ÉVALUATION DU CRITERE D5C5 DANS LA SOUS-REGION MARINE MANCHE-MER DU NORD. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES.	105
FIGURE 25. ÉVALUATION DU CRITERE D5C6 DANS LA SOUS-REGION MARINE MANCHE-MER DU NORD. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE, EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES (ZONES NON SURVOLEES OU PARTIELLEMENT SURVOLEES).	107
FIGURE 26. ÉVALUATION DU CRITERE D5C7 DANS LA SOUS-REGION MARINE MANCHE-MER DU NORD. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE, EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES ET EN BLANC HACHURE OU ELLE EST JUGEE NON PERTINENTE.	108
FIGURE 27. ÉVALUATION DU DESCRIPTEUR 5 DANS LA SOUS-REGION MARINE MANCHE-MER DU NORD. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE DESCRIPTEUR 5 ATTEINT LE BEE, LES UGE EN ROUGE DANS LESQUELLES IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION DU BEE.	109
FIGURE 28. CARTOGRAPHIE DE L'INDICE DE CONFIANCE CALCULE, POUR CHAQUE UGE, A PARTIR DU NOMBRE DE CRITERES UTILISES POUR EVALUER LE BEE DANS LA SOUS-REGION MARINE MANCHE-MER DU NORD.....	111
FIGURE 29. CARTE DES STATIONS DE MESURES DE DEBIT (POINTS BLEUS) ET DE CONCENTRATION EN NUTRIMENTS (POINTS ROSES) DES PRINCIPAUX FLEUVES (NOMMES SUR LA CARTE) SE DEVERSANT DANS LA SRM MMN. LES SECTEURS	

HYDROGRAPHIQUES DRAINES PAR CES COURS D'EAU SONT DELIMITEES EN GRIS. SOURCES : IFREMER, SOES, DREAL, AGENCES DE L'EAU.	112
FIGURE 30. A. ÉVOLUTION INTER-ANNUELLE DES FLUX EN NITRATE (KT/AN) ET B. ÉVOLUTION INTER-ANNUELLE DE LA PROPORTION RELATIVE (%) DES FLUX EN NITRATE, CALCULEES PAR LE SOES (SUIVANT LE PROTOCOLE OSPAR RID) POUR LES PRINCIPAUX COURS D'EAU ET SECTEURS HYDROGRAPHIQUES (APPORTS DIFFUS ET PONCTUELS) SE DEVERSANT DANS LA SRM MMN ENTRE 1989 ET 2015. LA CORRESPONDANCE ENTRE L'IDENTIFIANT DE CERTAINS COURS D'EAU ET LEUR NOM COMMUN EST INDIQUEE DANS LE TABLEAU 26.	113
FIGURE 31. A. ÉVOLUTION INTER-ANNUELLE DES FLUX EN PHOSPHATES (KT/AN) ET B. ÉVOLUTION INTER-ANNUELLE DE LA PROPORTION RELATIVE (%) DES FLUX EN PHOSPHATES, CALCULEES PAR LE SOES (SUIVANT LE PROTOCOLE OSPAR RID) POUR LES PRINCIPAUX COURS D'EAU ET SECTEURS HYDROGRAPHIQUES (APPORTS DIFFUS ET PONCTUELS) SE DEVERSANT DANS LA SRM MMN ENTRE 1989 ET 2015. LA CORRESPONDANCE ENTRE L'IDENTIFIANT DE CERTAINS COURS D'EAU ET LEUR NOM COMMUN EST INDIQUEE DANS LE TABLEAU 26.	114
FIGURE 32. FLUX ANNUELS D'AZOTE, DE PHOSPHORE ET DE SILICE APPORTES PAR LA SEINE, L'ESCAUT (SCHELDT) ET LA SOMME, CALCULES PAR LE MODELE RIVERSTRAHLER, POUR UN ETAT "PRISTINE", POUR UN ETAT RURAL TRADITIONNEL (XVIIIEME), POUR LES ANNEES ET SELON UN SCENARIO PROSPECTIF 2015 (REDUCTION DES REJETS DE MATIERE ORGANIQUE (90 %), DE PHOSPHORE (90 %) ET D'AZOTE (70 %)).	116
FIGURE 33. RAPPORTS MOLAIRES DES FLUX ANNUELS DE NUTRIMENTS APPORTES PAR LA SEINE, L'ESCAUT (SCHELDT) ET LA SOMME CALCULES PAR LE MODELE RIVERSTRAHLER POUR UN ETAT "PRISTINE", POUR UN ETAT RURAL TRADITIONNEL (ETAT DE FIN XVIIIEME), POUR LES ANNEES ET SELON UN SCENARIO PROSPECTIF 2015 (REDUCTION DES REJETS DE MATIERE ORGANIQUE (90 %), DE PHOSPHORE (90 %) ET D'AZOTE (70 %) (TRAIT ROUGE : RAPPORTS DE REDFIELD).	118
FIGURE 34. LOCALISATION DES ZONES VULNERABLES A LA POLLUTION PAR LES NITRATES D'ORIGINE AGRICOLE (EN VERT) TELLES QUE DEFINIES PAR LA DIRECTIVE "NITRATES" (91/676/CEE). SOURCES : IFREMER, SANDRE.	119
FIGURE 35. LOCALISATION DES ZONES SENSIBLES A L'EUTROPHISATION SELON LA DIRECTIVE SUR LE TRAITEMENT DES EAUX URBAINES RESIDUAIRES (91/271/EEC). LES DIFFERENTES ECHEANCES POUR LA MISE EN CONFORMITE DES STATIONS D'EPURATION SE TROUVANT DANS LES REGIONS HYDROGRAPHIQUES DE LA SRM MMN SONT EGALEMENT RENSEIGNEES. SOURCE : IFREMER, SANDRE.	120
FIGURE 36. CARTE DES REGIONS OSPAR (SELON RAPPORT EMEP).	121
FIGURE 37. A. ÉVOLUTION PLURIANNUELLE DES DEPOTS EN KT N/AN D'AZOTE OXYDE ET REDUIT DANS LA REGION II OSPAR. B. ÉVOLUTION PLURIANNUELLE DU POURCENTAGE D'AZOTE OXYDE ET D'AZOTE REDUIT DANS LES DEPOTS D'AZOTE EN DANS LA REGION II OSPAR. REPRIS DU RAPPORT EMEP.	122
FIGURE 38. A. ORIGINE DES EMISSIONS D'AZOTE OXYDE ET B. ORIGINE DES EMISSIONS D'AZOTE REDUIT DANS L'ATMOSPHERE PAR SECTEUR D'ACTIVITE DANS LA REGION II OSPAR. SECTEUR 1 : COMBUSTION DANS L'INDUSTRIE DE L'ENERGIE ET DE LA TRANSFORMATION ; SECTEUR 2 : CENTRALE DE COMBUSTION NON-INDUSTRIELLES; SECTEUR 3 : COMBUSTION DANS L'INDUSTRIE DE MANUFACTURE; SECTEUR 4 : PROCESSUS DE PRODUCTION; SECTEUR 5 : EXTRACTION ET DISTRIBUTION D'ENERGIES FOSSILES ET GEOTHERMIQUES; SECTEUR 6 : UTILISATION DE SOLVANT ET D'AUTRES PRODUITS CHIMIQUES; SECTEUR 7 : TRANSPORT ROUTIER; SECTEUR 8 : AUTRES SOURCES DE TRANSPORT (INCLUANT LE TRAFIC MARITIME); SECTEUR 9 : TRAITEMENT DES DECHETS; SECTEUR 10 : AGRICULTURE; SECTEUR 11: AUTRES SOURCES.	123
FIGURE 39. A. CONTRIBUTION RELATIVE (%) DES RIVIERES DE LA FAÇADE MMN A LA COMPOSITION EN AZOTE DU PHYTOPLANCTON MARIN DE SURFACE. B. CONTRIBUTION RELATIVE (%) DES RIVIERES DE LA FAÇADE MC ET GdG A LA COMPOSITION EN AZOTE DU PHYTOPLANCTON MARIN DE SURFACE. MOYENNE SUR LA PERIODE 2000-2010. EXTRAIT DU RAPPORT EMoSEM22.	125
FIGURE 40. CONTRIBUTION RELATIVE (%) DU NID OCEANIQUE A LA COMPOSITION EN AZOTE DU PHYTOPLANCTON MARIN DE SURFACE, MOYENNE SUR LA PERIODE DE CROISSANCE DE 2000 A 2010. EXTRAIT DU RAPPORT EMoSEM22.	125
FIGURE 41. POURCENTAGE D'AZOTE D'ORIGINE FRANÇAISE (FNT) INTEGRE DANS LA BIOMASSE PHYTOPLANCTONIQUE DES DIATOMES ET DE PHAEOCYSTIS (ANNEE 1999).	127
FIGURE 42. CONCENTRATIONS CELLULAIRES MAXIMALES DE PHAEOCYSTIS GLOBOSA SIMULEES PAR ECO-MARS3D (A GAUCHE) ET ECHANTILLONNEES LE LONG DU LITTORAL FRANÇAIS (RESEAUX REPHY ET SRN, A DROITE).	128
FIGURE 43. POINTS DE VALIDATION DU MODELE ECO-MARS3D (LUC, SOM, BO3 ET DU1 DES RESEAUX RHLN, REPHY ET SRN) ET DELIMITATION DE BOITES « B » : ZONE DE COMPETENCE MARITIME BELGE, ET « F » : ZONE COTIERE FRANÇAISE DE MANCHE ORIENTALE POUR L'ETUDE DU DEVENIR DE MATIERE.	129
FIGURE 44. ZONES A ENJEUX POUR L'EUTROPHISATION EN MANCHE-MER DU NORD. EXTRAIT DU RAPPORT DE L'ATELIER DE SYNTHESE DE L'EVALUATION INITIALE 2012.	132
FIGURE 45. POINTS DE PRELEVEMENTS DE LA SOUS-REGION MARINE MER CELTIQUE UTILISEES POUR EFFECTUER L'EVALUATION DES CRITERES D5C1, D5C2, D5C4 ET D5C5 A LA COTE. LES ETOILES REPRESENTENT LES POINTS LABELLISES DU	

SYSTEME NATIONAL D'OBSERVATION (SNO) POUR LESQUELS LES TENDANCES TEMPORELLES DU PARAMETRE CHLOROPHYLLE-A ONT ETE ANALYSEES. SOURCE : IFREMER, DEB.	137
FIGURE 46. LINEAIRE SURVOLE POUR DETERMINER LES ZONES D'ECHOUAGE DE MACROALGUES OPPORTUNISTES ET LEUR SUPERFICIE. SOURCES : CEVA.	139
FIGURE 47A. ÉVALUATION DU CRITERE D5C1 (ELEMENTS NITRATE EN ZONES INTERMEDIAIRE ET LARGE ET NID A LA COTE) DANS LA SOUS-REGION MARINE MER CELTIQUE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES.	141
FIGURE 1B. ÉVALUATION DU CRITERE D5C1 (ELEMENT PID) DANS LA SOUS-REGION MARINE MANCHE-MER DU NORD. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES OU PAR MANQUE DE SEUIL.	142
FIGURE 48. ÉVALUATION DU CRITERE D5C2 DANS LA SOUS-REGION MARINE MER CELTIQUE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES.	144
FIGURE 49. VARIATION DE LA CONCENTRATION EN CHLOROPHYLLE-A SUR LES 3 POINTS DU RESEAU REPHY DE LA SRM MC LABELLISE DANS LE CADRE DU SNO. LES FLECHES ET DONNEES EN ROUGE MONTRENT LES TENDANCES SIGNIFICATIVES A LA HAUSSE (TEST MANN-KENDAL SAISONNIER ET P.VALEUR > 0,05), LES FLECHES ET DONNEES EN VERT MONTRENT LES TENDANCES SIGNIFICATIVES A LA BAISSSE ET LES FLECHES NOIRES L'ABSENCE DE TENDANCE SIGNIFICATIVE.	146
FIGURE 50. ÉVALUATION DU CRITERE D5C4 DANS LA SOUS-REGION MARINE MER CELTIQUE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES.	147
FIGURE 51. ÉVALUATION DU CRITERE D5C5 DANS LA SOUS-REGION MARINE MER CELTIQUE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES.	148
FIGURE 52. ÉVALUATION DU CRITERE D5C6 DANS LA SOUS-REGION MARINE MER CELTIQUE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE, EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES.	150
FIGURE 53. ÉVALUATION DU CRITERE D5C7 DANS LA SOUS-REGION MARINE MER CELTIQUE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE, EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES ET EN BLANC OU ELLE EST JUGEE NON PERTINENTE.	151
FIGURE 54. ÉVALUATION DU DESCRIPTEUR 5 DANS LA SOUS-REGION MARINE MER CELTIQUE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE DESCRIPTEUR 5 ATTEINT LE BEE, LES UGE EN ROUGE DANS LESQUELLES IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION DU BEE.	152
FIGURE 55. CARTOGRAPHIE DE L'INDICE DE CONFIANCE CALCULE, POUR CHAQUE UGE, A PARTIR DU NOMBRE DE CRITERE UTILISE POUR EVALUER LE BEE DANS LA SOUS-REGION MARINE MER CELTIQUE.	154
FIGURE 56. CARTE DES POINTS DE MESURES DE DEBIT (POINTS BLEUS) ET DE CONCENTRATION EN NUTRIMENTS (POINTS ROSES) DES PRINCIPAUX FLEUVES (NOMMES SUR LA CARTE) SE DEVERSANT DANS LA SRM MC. LES SECTEURS HYDROGRAPHIQUES DRAINES PAR CES COURS D'EAU SONT DELIMITEES EN GRIS. SOURCES : IFREMER, SOES, DREAL, AGENCES DE L'EAU.	155
FIGURE 57. A. ÉVOLUTION PLURI-ANNUELLE DES FLUX EN NITRATE (KT/AN) ET B. ÉVOLUTION TEMPORELLE DE LA PROPORTION RELATIVE (%) DES FLUX EN NITRATE, CALCULEES PAR LE SOES (SUIVANT LE PROTOCOLE OSPAR RID) POUR LES 2 COURS D'EAU SUIVI DANS LE CADRE DU RID OSPAR SE DEVERSANT DANS LA SRM MC ENTRE 1989 ET 2015. LA CORRESPONDANCE ENTRE L'ID DE CERTAINS COURS D'EAU ET LEUR NOM COMMUN EST INDIQUEE TABLEAU 34.	156
FIGURE 58. A. ÉVOLUTION PLURI-ANNUELLE DES FLUX EN PHOSPHATE (KT/AN) ET B. ÉVOLUTION TEMPORELLE DE LA PROPORTION RELATIVE (%) DES FLUX EN PHOSPHATE, CALCULEES PAR LE SOES (SUIVANT LE PROTOCOLE OSPAR RID) POUR LES 2 COURS D'EAU SUIVI DANS LE CADRE DU RID OSPAR SE DEVERSANT DANS LA SRM MC ENTRE 1989 ET 2015. LA CORRESPONDANCE ENTRE L'ID DE CERTAINS COURS D'EAU ET LEUR NOM COMMUN EST INDIQUEE TABLEAU 34.	157
FIGURE 59. LOCALISATION DES ZONES VULNERABLES AUX NITRATES (EN VERT) DANS LES BASSINS VERSANT SE REJETANT DANS LA SRM MC TELLES QUE DEFINIT PAR LA DIRECTIVE "NITRATES" (91/676/CEE). SOURCES : IFREMER, SANDRE.	159
FIGURE 60. LOCALISATION DES ZONES SENSIBLES A L'EUTROPHISATION SELON LA DIRECTIVE SUR LE TRAITEMENT DES EAUX URBAINES RESIDUAIRES (91/271/EEC). LES DIFFERENTES ECHEANCES POUR LA MISE EN CONFORMITE DES STATIONS D'EPURATION SE TROUVANT DANS LES REGIONS HYDROGRAPHIQUES DE LA SRM MC SONT EGALEMENT RENSEIGNEES. SOURCE : IFREMER, SANDRE.	160
FIGURE 61. CARTE DES REGIONS OSPAR (REPRIS DU RAPPORT EMEP).	162

FIGURE 62. EVOLUTION PLURI-ANNUELLE DES DEPOTS EN kT N/AN D'AZOTE OXYDE ET REDUIT EN REGION OSPAR II (A.) ET III (C.). EVOLUTION TEMPORELLE DU POURCENTAGE D'AZOTE OXYDE ET D'AZOTE REDUIT DANS LES DEPOTS D'AZOTE EN REGION OSPAR II (B.) ET III (D.). REPRIS DU RAPPORT EMEP.	163
FIGURE 63. A. ORIGINE DES EMISSIONS D'AZOTE REDUIT ET B. ORIGINE DES EMISSIONS D'AZOTE OXYDE DANS L'ATMOSPHERE PAR SECTEUR D'ACTIVITE EN FRANCE. SECTEUR 1 : COMBUSTION DANS L'INDUSTRIE DE L'ENERGIE ET DE LA TRANSFORMATION ; SECTEUR 2 : CENTRALE DE COMBUSTION NON-INDUSTRIELLES; SECTEUR 3 : COMBUSTION DANS L'INDUSTRIE DE MANUFACTURE ; SECTEUR 4 : PROCESSUS DE PRODUCTION; SECTEUR 5: EXTRACTION ET DISTRIBUTION D'ENERGIES FOSSILES ET GEOTHERMIQUES; SECTEUR 6 : UTILISATION DE SOLVANT ET D'AUTRES PRODUITS CHIMIQUES; SECTEUR 7 : TRANSPORT ROUTIER; SECTEUR 8 : AUTRES SOURCES DE TRANSPORT (INCLUANT LE TRAFIC MARITIME); SECTEUR 9 : TRAITEMENT DES DECHETS; SECTEUR 10 : AGRICULTURE; SECTEUR 11: AUTRES SOURCES.	164
FIGURE 64. CONTRIBUTION RELATIVE (%) DES RIVIERES DE LA FAÇADE MC A LA COMPOSITION EN AZOTE DU PHYTOPLANKTON MARIN DE SURFACE. MOYENNE SUR LA PERIODE 2000-2010. EXTRAIT DU RAPPORT EMOSEM22.....	166
FIGURE 65. CONTRIBUTION RELATIVE (%) DU DIN OCEANIQUE A LA COMPOSITION EN AZOTE DU PHYTOPLANKTON MARIN DE SURFACE, MOYENNE SUR LA PERIODE DE CROISSANCE DE 2000 A 2010. EXTRAIT DU RAPPORT EMOSEM22.....	166
FIGURE 66. ZONES A ENJEUX POUR L'EUTROPHISATION EN MANCHE-MER DU NORD ET MER CELTIQUE. EXTRAIT DU RAPPORT DE L'ATELIER DE SYNTHESE DE L'EVALUATION INITIALE 2012.	168
FIGURE 67. POINTS DE PRELEVEMENTS DE LA SOUS-REGION MARINE GOLFE DE GASCOGNE UTILISEES POUR EFFECTUER L'EVALUATION DES CRITERES D5C1, D5C2, D5C4 ET D5C5 A LA COTE. LES ETOILES REPRESENTENT LES POINTS LABELLISES DU SYSTEME NATIONAL D'OBSERVATION (SNO) POUR LESQUELS LES TENDANCES TEMPORELLES DU PARAMETRE CHLOROPHYLLE-A ONT ETE ANALYSEES. SOURCE : IFREMER, DEB.....	172
FIGURE 68. LINEAIRE SURVOLE POUR DETERMINER LES ZONES D'ECHOUAGE DE MACROALGUES OPPORTUNISTES ET LEUR SUPERFICIE. SOURCES : CEVA.	174
FIGURE 69A. ÉVALUATION DU CRITERE D5C1 (ELEMENTS NITRATE EN ZONES INTERMEDIAIRE ET LARGE ET NID A LA COTE) DANS LA SOUS-REGION MARINE GOLFE DE GASCOGNE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES.	176
FIGURE 71B. ÉVALUATION DU CRITERE D5C1 (ELEMENT PID) DANS LA SOUS-REGION MARINE GOLFE DE GASCOGNE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES.....	177
FIGURE 70. ÉVALUATION DU CRITERE D5C2 DANS LA SOUS-REGION MARINE GOLFE DE GASCOGNE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES.	179
FIGURE 71. VARIATION DE LA CONCENTRATION EN CHLOROPHYLLE-A SUR LES 3 POINTS DU RESEAU REPHY DE LA SRM GdG LABELLISE DANS LE CADRE DU SNO. LES FLECHES ET DONNEES EN ROUGE MONTRENT LES TENDANCES SIGNIFICATIVES A LA HAUSSE (TEST MANN-KENDAL SAISONNIER ET P.VALEUR > 0,05), LES FLECHES ET DONNEES EN VERT MONTRENT LES TENDANCES SIGNIFICATIVES A LA BAISSSE ET LES FLECHES NOIRES L'ABSENCE DE TENDANCE SIGNIFICATIVE.	181
FIGURE 72. ÉVALUATION DU CRITERE D5C4 DANS LA SOUS-REGION MARINE GOLFE DE GASCOGNE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES.....	182
FIGURE 73. ÉVALUATION DU CRITERE D5C5 DANS LA SOUS-REGION MARINE GOLFE DE GASCOGNE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES.....	183
FIGURE 74. ÉVALUATION DU CRITERE D5C6 DANS LA SOUS-REGION MARINE GOLFE DE GASCOGNE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE, EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES ET EN BLANC HACHURES OU ELLE EST JUGEE NON PERTINENTE.	185
FIGURE 75. ÉVALUATION DU CRITERE D5C7 DANS LA SOUS-REGION MARINE GOLFE DE GASCOGNE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE, EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES ET EN BLANC OU ELLE EST JUGEE NON PERTINENTE (MASSE D'EAU NE POSSEDANT PAS DE FORMATION VEGETALE REMARQUABLE A SUIVRE AU TITRE DE LA DCE).....	186
FIGURE 76. ÉVALUATION DU DESCRIPTEUR 5 DANS LA SOUS-REGION MARINE GOLFE DE GASCOGNE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE DESCRIPTEUR 5 ATTEINT LE BEE, LES UGE EN ROUGE DANS LESQUELLES IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION DU BEE.	187
FIGURE 77. CARTOGRAPHIE DE L'INDICE DE CONFIANCE CALCULE, POUR CHAQUE UGE, A PARTIR DU NOMBRE DE CRITERE UTILISE POUR EVALUER LE BEE DANS LA SOUS-REGION MARINE GOLFE DE GASCOGNE.	189

FIGURE 78. CARTE DES POINTS DE MESURES DE DEBIT (POINTS BLEUS) ET DE CONCENTRATION EN NUTRIMENTS (POINTS ROSES) DES PRINCIPAUX FLEUVES (NOMMES SUR LA CARTE) SE DEVERSANT DANS LA SRM GdG. LES SECTEURS HYDROGRAPHIQUES DRAINES PAR CES COURS D'EAU SONT DELIMITES EN GRIS. SOURCES : IFREMER, SOES, DREAL, AGENCES DE L'EAU.	190
FIGURE 79. A. ÉVOLUTION TEMPORELLE DES FLUX EN NITRATE (KT/AN) ET B. ÉVOLUTION TEMPORELLE DE LA PROPORTIONS RELATIVES (%) DES FLUX EN NITRATE, CALCULEES PAR LE SOES (SUIVANT LE PROTOCOLE OSPAR RID) POUR LES PRINCIPAUX COURS D'EAU ET SECTEURS HYDROGRAPHIQUES (APPORTS DIFFUS ET PONCTUELS) SE DEVERSANT DANS LA SRM GdG ENTRE 1989 ET 2015. LA CORRESPONDANCE ENTRE L'ID DE CERTAIN COURS D'EAU ET LEUR NOM COMMUN EST INDIQUEE TABLEAU 40.....	191
FIGURE 80. A. ÉVOLUTION TEMPORELLE DES FLUX EN PHOSPHATE (KT/AN) ET B. ÉVOLUTION TEMPORELLE DE LA PROPORTIONS RELATIVES (%) DES FLUX EN PHOSPHATE, CALCULEES PAR LE SOES (SUIVANT LE PROTOCOLE OSPAR RID) POUR LES PRINCIPAUX COURS D'EAU ET SECTEURS HYDROGRAPHIQUES (APPORTS DIFFUS ET PONCTUELS) SE DEVERSANT DANS LA SRM GdG ENTRE 1989 ET 2015. LA CORRESPONDANCE ENTRE L'ID DE CERTAIN COURS D'EAU ET LEUR NOM COMMUN EST INDIQUEE TABLEAU 40.....	192
FIGURE 81. LOCALISATION DES ZONES VULNERABLES AUX NITRATES (EN VERT) DANS LES BASSINS VERSANT SE REJETANT DANS LA SRM GdG TELLES QUE DEFINIT PAR LA DIRECTIVE "NITRATES" (91/676/CEE). SOURCES : IFREMER, SANDRE. .	195
FIGURE 82. LOCALISATION DES ZONES SENSIBLES A L'EUTROPHISATION SELON LA DIRECTIVE SUR LE TRAITEMENT DES EAUX URBAINES RESIDUAIRES (91/271/EEC). LES DIFFERENTES ECHEANCES POUR LA MISE EN CONFORMITE DES STATIONS D'EPURATION SE TROUVANT DANS LES REGIONS HYDROGRAPHIQUE DE LA SRM GdG SONT EGALEMENT RENSEIGNEES. SOURCE : IFREMER, SANDRE.	196
FIGURE 83. CARTE DES REGIONS OSPAR (REPRIS DU RAPPORT EMEP).....	198
FIGURE 84. A. ÉVOLUTION TEMPORELLE DES DEPOTS EN KT N/AN D'AZOTE OXYDE ET REDUIT EN REGION OSPAR IV. B. ÉVOLUTION TEMPORELLE DU POURCENTAGE D'AZOTE OXYDE ET D'AZOTE REDUIT DANS LES DEPOTS D'AZOTE EN REGION OSPAR IV. REPRIS DU RAPPORT EMEP.	199
FIGURE 85. A. ORIGINE DES EMISSIONS D'AZOTE REDUIT ET B. ORIGINE DES EMISSIONS D'AZOTE OXYDE DANS L'ATMOSPHERE PAR SECTEUR D'ACTIVITE EN FRANCE. SECTEUR 1 : COMBUSTION DANS L'INDUSTRIE DE L'ENERGIE ET DE LA TRANSFORMATION ; SECTEUR 2 : CENTRALE DE COMBUSTION NON-INDUSTRIELLES; SECTEUR 3 : COMBUSTION DANS L'INDUSTRIE DE MANUFACTURE ; SECTEUR 4 : PROCESSUS DE PRODUCTION; SECTEUR 5: EXTRACTION ET DISTRIBUTION D'ENERGIES FOSSILES ET GEOTHERMIQUES; SECTEUR 6 : UTILISATION DE SOLVANT ET D'AUTRES PRODUITS CHIMIQUES; SECTEUR 7 : TRANSPORT ROUTIER; SECTEUR 8 : AUTRES SOURCES DE TRANSPORT (INCLUANT LE TRAFIC MARITIME); SECTEUR 9 : TRAITEMENT DES DECHETS; SECTEUR 10 : AGRICULTURE; SECTEUR 11: AUTRES SOURCES.	200
FIGURE 86. CONTRIBUTION RELATIVE (%) DES RIVIERES DE LA FAÇADE GdG A LA COMPOSITION EN AZOTE DU PHYTOPLANCTON MARIN DE SURFACE. MOYENNE SUR LA PERIODE 2000-2010. EXTRAIT DU RAPPORT EMOSEM22.....	202
FIGURE 87. CONTRIBUTION RELATIVE (%) DU DIN OCEANIQUE A LA COMPOSITION EN AZOTE DU PHYTOPLANCTON MARIN DE SURFACE, MOYENNE SUR LA PERIODE DE CROISSANCE DE 2000 A 2010. EXTRAIT DU RAPPORT EMOSEM22.....	202
FIGURE 88. ZONES A ENJEUX POUR L'EUTROPHISATION EN GOLFE DE GASCOGNE. EXTRAIT DU RAPPORT DE L'ATELIER DE SYNTHESE DE L'EVALUATION INITIALE 2012.....	204
FIGURE 89. POINTS DE PRELEVEMENTS DE LA SOUS-REGION MARINE MEDITERRANEE OCCIDENTALE UTILISEES POUR EFFECTUER L'EVALUATION DES CRITERES D5C2, D5C4 ET D5C5 A LA COTE. LES ETOILES REPRESENTENT LES POINTS LABELLISES DU SYSTEME NATIONAL D'OBSERVATION (SNO) POUR LESQUELS LES TENDANCES TEMPORELLES DU PARAMETRE CHLOROPHYLLE-A ONT ETE ANALYSEES. SOURCE : IFREMER, DEB.	208
FIGURE 90A. ÉVALUATION DU CRITERE D5C1 (ELEMENTS NITRATE EN ZONES INTERMEDIAIRE ET LARGE) DANS LA SOUS-REGION MARINE MEDITERRANEE OCCIDENTALE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES.	210
FIGURE 92B. ÉVALUATION DU CRITERE D5C1 (ELEMENT PID) DANS LA SOUS-REGION MARINE GOLFE DE GASCOGNE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES.....	211
FIGURE 91. ÉVALUATION DU CRITERE D5C2 DANS LA SOUS-REGION MARINE MEDITERRANEE OCCIDENTALE. EN VERT SONT REPRESENTEES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES.	213
FIGURE 92. VARIATION DE LA CONCENTRATION EN CHLOROPHYLLE-A SUR LES 3 POINTS DU RESEAU REPHY DE LA SRM MO LABELLISE DANS LE CADRE DU SNO. LES FLECHES ET DONNEES EN ROUGE MONTRENT LES TENDANCES SIGNIFICATIVES A LA HAUSSE (TEST MANN-KENDAL SAISONNIER ET P.VALEU > 0,05), LES FLECHES ET DONNEES EN VERT MONTRENT LES TENDANCES SIGNIFICATIVES A LA BAISSSE ET LES FLECHES NOIRES L'ABSENCE DE TENDANCE SIGNIFICATIVE.	215

- FIGURE 93. ÉVALUATION DU CRITERE D5C4 DANS LA SOUS-REGION MARINE MEDITERRANEE OCCIDENTALE. EN VERT SONT REPRESENTES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES. 216
- FIGURE 94. ÉVALUATION DU CRITERE D5C5 DANS LA SOUS-REGION MARINE MEDITERRANEE OCCIDENTALE (ELEMENT D'EVALUATION : CONCENTRATION EN OXYGENE DISSOUS DE SURFACE). EN VERT SONT REPRESENTES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES. 217
- FIGURE 95. ÉVALUATION DU CRITERE D5C7 DANS LA SOUS-REGION MARINE MEDITERRANEE OCCIDENTALE. EN VERT SONT REPRESENTES LES UGE DANS LESQUELLES LE CRITERE ATTEINT LE BEE, EN ROUGE OU IL N'ATTEINT PAS LE BEE, EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION PAR MANQUE DE DONNEES ET EN BLANC OU ELLE EST JUGEE NON PERTINENTE. 219
- FIGURE 96. ÉVALUATION DU DESCRIPTEUR 5 DANS LA SOUS-REGION MARINE MEDITERRANEE OCCIDENTALE. EN VERT SONT REPRESENTES LES UGE DANS LESQUELLES LE DESCRIPTEUR 5 ATTEINT LE BEE, LES UGE EN ROUGE DANS LESQUELLES IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION DU BEE. 220
- FIGURE 97. CARTOGRAPHIE DE L'INDICE DE CONFIANCE CALCULE, POUR CHAQUE UGE, A PARTIR DU NOMBRE DE CRITERE UTILISE POUR EVALUER LE BEE DANS LA SOUS-REGION MARINE MEDITERRANEE OCCIDENTALE. 222
- FIGURE 98. CARTE DES POINTS DE MESURES DE DEBIT (POINTS BLEUS) ET DE CONCENTRATION EN NUTRIMENTS (POINTS ROSES) DES PRINCIPAUX FLEUVES (NOMMES SUR LA CARTE) SE DEVERSANT DANS LA SRM MO. LES SECTEURS HYDROGRAPHIQUES DRAINES PAR CES COURS D'EAU SONT DELIMITEES EN GRIS. SOURCES : IFREMER, SOES, DREAL, AGENCES DE L'EAU. 223
- FIGURE 99. A. ÉVOLUTION TEMPORELLE DES FLUX EN NITRATE (KT/AN) ET B. ÉVOLUTION TEMPORELLE DE LA PROPORTIONS RELATIVES (%) DES FLUX EN NITRATE, CALCULEES PAR LE SOES (SUIVANT LE PROTOCOLE OSPAR RID) POUR LES PRINCIPAUX COURS D'EAU ET SECTEURS HYDROGRAPHIQUES (APPORTS DIFFUS ET PONCTUELS) SE DEVERSANT DANS LA SRM MO ENTRE 1990 ET 2014. 224
- FIGURE 100. A. ÉVOLUTION TEMPORELLE DES FLUX EN PHOSPHATE (KT/AN) ET B. ÉVOLUTION TEMPORELLE DE LA PROPORTIONS RELATIVES (%) DES FLUX EN PHOSPHATE, CALCULEES PAR LE SOES (SUIVANT LE PROTOCOLE OSPAR RID) POUR LES PRINCIPAUX COURS D'EAU ET SECTEURS HYDROGRAPHIQUES (APPORTS DIFFUS ET PONCTUELS) SE DEVERSANT DANS LA SRM MO ENTRE 1990 ET 2014. 225
- FIGURE 101. LOCALISATION DES ZONES VULNERABLES AUX NITRATES (EN VERT) DANS LES BASSINS VERSANT SE REJETANT DANS LA SRM MO TELLES QUE DEFINIT PAR LA DIRECTIVE "NITRATES" (91/676/CEE). SOURCES : IFREMER, SANDRE. ... 228
- FIGURE 102. LOCALISATION DES ZONES SENSIBLES A L'EUTROPHISATION SELON LA DIRECTIVE SUR LE TRAITEMENT DES EAUX URBAINES RESIDUAIRES (91/271/EEC). LES DIFFERENTES ECHEANCES POUR LA MISE EN CONFORMITE DES STATIONS D'EPURATION SE TROUVANT DANS LES REGIONS HYDROGRAPHIQUE DE LA SRM MO SONT EGALEMENT RENSEIGNEES. SOURCE : IFREMER, SANDRE. 229
- FIGURE 103. ZONES A ENJEUX POUR L'EUTROPHISATION EN GOLFE DE GASCOGNE. EXTRAIT DU RAPPORT DE L'ATELIER DE SYNTHÈSE DE L'EVALUATION INITIALE 2012. 231
- FIGURE 104. INTERACTIONS ENTRE LES DIFFERENTS ELEMENTS IMPLIQUES DANS LE PROCESSUS D'EUTROPHISATION. (+) RENFORCEMENT DU PROCESSUS, (-) INHIBITION DU PROCESSUS. CAT. CATEGORIES DE LA PROCEDURE COMMUNE D'EVALUATION DE L'ÉTAT D'EUTROPHISATION D'OSPAR. LES COMPARTIMENTS ENTOURES EN GRAS (CONTINU ET POINTILLE) DEFINISSENT LE DESCRIPTEUR 5 DE LA DCSMM SELON LA DECISION DE LA DECISION (2017/848/UE), CEUX EN POINTILLES N'ONT PAS ETE UTILISES DANS L'EVALUATION 2018. (MODIFIE DE CLAUSSEN *ET AL.*, 2009²). 236
- FIGURE 105. ÉVALUATION DU DESCRIPTEUR 5 DANS TOUTES LES SOUS-REGIONS MARINES FRANÇAISES. EN VERT SONT REPRESENTES LES UGE DANS LESQUELLES LE DESCRIPTEUR 5 ATTEINT LE BEE, LES UGE EN ROUGE DANS LESQUELLES IL N'ATTEINT PAS LE BEE ET EN GRIS OU IL N'Y A PAS D'EVALUATION DU BEE. 244

Tables des tableaux

TABLEAU 1. LISTE DES CRITERES PRIMAIRES ET SECONDAIRES REPRIS DE LA DECISION 2017/848/UE. EVOLUTION DES CRITERES ENTRE 2010 ET 2017. ELEMENTS CONSTITUANT LES DIFFERENTS CRITERES.	30
TABLEAU 2. SUPERFICIE (KM ²) DES DIFFERENTES GRANDES ZONES GEOGRAPHIQUES DES SRM METROPOLITAINES. ENTRE PARENTHESES LE POURCENTAGE DE REPRESENTATIVITE DE LA ZONE DANS LA SRM. D = DISTANCE A LA LIGNE DE BASE.	37
TABLEAU 3. LISTE DES 24 MASSES D'EAU COTIERES DCE DE LA SRM MMN, LEURS IDENTIFIANTS, LEUR ECOTYPE EUROPEEN CORRESPONDANT ET LEUR TAILLE, FORMANT LES UGE DU DESCRIPTEUR 5 POUR LA BANDE COTIERE (D < 1 MN).	38
TABLEAU 4. LISTE DES 15 MASSES D'EAU COTIERE DCE DE LA SRM MC, LEURS IDENTIFIANTS, LEUR ECOTYPE CORRESPONDANT ET LEUR TAILLE, FORMANT LES UGE DU DESCRIPTEUR 5 POUR LA BANDE COTIERE (D < 1 MN).	38
TABLEAU 5. LISTE DES 34 MASSES D'EAU COTIERE DCE DE LA SRM GdG, LEURS IDENTIFIANTS, LEUR ECOTYPE CORRESPONDANT ET LEUR TAILLE, FORMANT LES UGE DU DESCRIPTEUR 5 POUR LA BANDE COTIERE (D < 1 MN).	39
TABLEAU 6. LISTE DES 46 MASSES D'EAU COTIERE DCE DE LA SRM MO, LEURS IDENTIFIANTS ET LEUR TAILLE, FORMANT LES UGE DU DESCRIPTEUR 5 POUR LA BANDE COTIERE (D < 1 MN).....	40
TABLEAU 7. POURCENTAGE DE DIMINUTION (%) DE LA CONCENTRATION EN NITRATE PAR RAPPORT A LA PREMIERE MAILLE DES RADIALES CONSIDEREES. LA LIGNE MARQUE LA LIMITE ENTRE LA ZONE INTERMEDIAIRE ET LA ZONE LARGE.	51
TABLEAU 8. VALEURS DE REFERENCE DE LA CONCENTRATION EN NITRATES CALCULEES A PARTIR DE LA MEDIANE OU DU MAXIMUM DES DONNEES "PRISTINES" EN NITRATE (μMOL.L ⁻¹) POUR CHAQUE ZONE ET SOUS-REGION MARINE. LES VALEURS SEUILS SONT OBTENUES EN AJOUTANT 50 % DE LA VALEUR DE REFERENCE.	51
TABLEAU 9. POURCENTAGE DE DIMINUTION (%) DE LA CONCENTRATION EN NITRATE PAR RAPPORT A LA PREMIERE MAILLE DE LA RADIALE "RHONE" (FIGURE 10). LA LIGNE MARQUE LA LIMITE ENTRE LA ZONE INTERMEDIAIRE ET LA ZONE LARGE.	53
TABLEAU 10. VALEURS DE REFERENCE DE L'ELEMENT PHOSPHATE INORGANIQUE DISSOUS (PID) CALCULEES A PARTIR DE LA MEDIANE OU DU MAXIMUM DES DONNEES "PRISTINES" EN PID (μMOL.L ⁻¹) POUR L'ENSEMBLE DES ZONES ET DES SOUS-REGIONS MARINES. LES VALEURS SEUILS SONT OBTENUES EN AJOUTANT 50 % DE LA VALEUR DE REFERENCE.	53
TABLEAU 11. POURCENTAGE DE DIMINUTION (%) DE LA CONCENTRATION EN CHLOROPHYLLE-A PAR RAPPORT A LA PREMIERE MAILLE DES RADIALES CONSIDEREES (FIGURE 8). LA LIGNE MARQUE LA LIMITE ENTRE LA ZONE INTERMEDIAIRE ET LA ZONE LARGE.....	62
TABLEAU 12. VALEURS DE REFERENCE DE L'INDICATEUR CHLOROPHYLLE-A CALCULEES A PARTIR DU PERCENTILE 90 DES DONNEES "PRISTINES" EN CHLOROPHYLLE-A (μG.L ⁻¹) POUR CHAQUE ZONE ET SOUS-REGION MARINE. LES VALEURS SEUILS SONT OBTENUES EN AJOUTANT 50 % DE LA VALEUR DE REFERENCE OU EN DIVISANT PAR LE RQE DCE CORRESPONDANT.....	62
TABLEAU 13. POURCENTAGE DE DIMINUTION (%) DE LA CONCENTRATION EN CHLOROPHYLLE-A PAR RAPPORT A LA PREMIERE MAILLE DE LA RADIALE "RHONE" (FIGURE 10). LA LIGNE MARQUE LA LIMITE ENTRE LA ZONE INTERMEDIAIRE ET LA ZONE LARGE.....	63
TABLEAU 14. POURCENTAGE DE DIMINUTION (%) DE LA TURBIDITE PAR RAPPORT A LA PREMIERE MAILLE DES RADIALES CONSIDEREES. LA LIGNE MARQUE LA LIMITE ENTRE LA ZONE INTERMEDIAIRE ET LA ZONE LARGE.	68
TABLEAU 15. POURCENTAGE DE DIMINUTION (%) DE LA TURBIDITE PAR RAPPORT A LA PREMIERE MAILLE DE LA RADIALE "RHONE" (FIGURE 10). LA LIGNE MARQUE LA LIMITE ENTRE LA ZONE INTERMEDIAIRE ET LA ZONE LARGE.	69
TABLEAU 16. SEUILS BON/MOYEN APPLICABLES AUX DIFFERENTES METRIQUES DU CRITERE D5C6 EN FONCTION DU TYPE DE MAREE VERTE CONSIDERE.	74
TABLEAU 17. LISTE DES INDICATEURS ET METRIQUES UTILISES POUR CHAQUE CRITERE. FREQUENCES ET PERIODES DE PRELEVEMENT/MESURE DES DONNEES SERVANT A ALIMENTER LES CALCULS D'INDICATEUR POUR LA BANDE COTIERE (< 1 MN). LES SPECIFICITES DE CHAQUE SRM SONT INDIQUEES.	81
TABLEAU 18. ENSEMBLE DES SEUILS UTILISES POUR L'EVALUATION DES CRITERES DU DESCRIPTEUR 5, PAR FAÇADES ET PAR INDICATEURS.....	82
TABLEAU 19. CRITERES RETENUS POUR L'EVALUATION DE L'ETAT D'EUTROPHISATION DES EAUX MARINES FRANÇAISES PAR SOUS-REGION MARINE POUR LA ZONE COTIERE (< 1 MN) ET POUR LES ZONES INTERMEDIAIRE ET LARGE (> 1 MN) RASSEMBLES SOUS L'INTITULE "LARGE". POUR LA COTE, DES DONNEES <i>IN SITU</i> ONT ETE UTILISEES. POUR LE LARGE, DES DONNEES ISSUES DES PRODUITS DES IMAGES SATELLITE ET DE LA MODELISATION ONT ETE UTILISEES.....	82
TABLEAU 20. METHODE D'INTEGRATION DES CRITERES (PRIMAIRE : PR ET SECONDAIRE : SC) DU DESCRIPTEUR 5 POUR LES DIFFERENTES ZONES EVALUEES. UN CRITERE PRIMAIRE N'ATTEIGNANT PAS LE BEE REÇOIT UNE NOTE DE 2, UN SECONDAIRE N'ATTEIGNANT PAS LE BEE UNE NOTE DE 1, UN CRITERE ATTEIGNANT LE BEE UNE NOTE DE 0. SI LA SOMME DES NOTES EST SUPERIEURE OU EGALE A 5 EN ZONE COTIERE OU A 3 EN ZONES INTERMEDIAIRE ET LARGE ALORS L'UGE N'ATTEINT PAS LE BEE.	92

TABLEAU 21A. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DES ZONES DE LA SOUS-REGION MARINE MMN DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU CRITERE D5C1 (ELEMENTS AZOTES).....	100
TABLEAU 22. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DES ZONES DE LA SOUS-REGION MARINE MMN DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU CRITERE D5C2.....	102
TABLEAU 23. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DES ZONES DE LA SOUS-REGION MARINE MMN DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU CRITERE D5C4.....	105
TABLEAU 24. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DES ZONES DE LA SOUS-REGION MARINE MMN DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU CRITERE D5C5.....	106
TABLEAU 25. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DE LA SOUS-REGION MARINE MMN DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU DESCRIPTEUR 5.	110
TABLEAU 26. TENDANCE TEMPORELLE (TEST DE MANNKENDALL SAISONNIER) DES FLUX EN NUTRIMENTS SUR 27 ANNEES DE MESURE (1989 A 2015) POUR LES COURS D'EAU SE DEVERSANT DANS LA SRM MMN ET INCLUS DANS LA STRATEGIE RID OSPAR; SUPERFICIE DES SECTEURS HYDROGRAPHIQUES ET CARACTERISTIQUES DES APPORTS RELATIFS A CES COURS D'EAU (APPORTS DIFFUS: SANS COURS D'EAU PREPONDERANT, TRIBUTAIRE: COURS D'EAU SECONDAIRE, TRIBUTAIRE NON MONITORE: COURS D'EAU SECONDAIRE SANS MESURE TERRAIN). LES FLECHES VERTES INDIQUENT UNE TENDANCE SIGNIFICATIVE (P. VALUE <0,05) A LA BAISSSE ET LES FLECHES ROUGES A LA HAUSSE; LES FLECHES BLEUES MARQUENT L'ABSENCE DE TENDANCE SIGNIFICATIVE. LA SUPERFICIE EN GRAS REPRESENTE LA SOMME DES SUPERFICIES DE TOUS LES SECTEURS HYDROGRAPHIQUES. LES VALEURS DE TENDANCE EN GRAS ONT ETE CALCULEES SUR LA SOMME DES FLUX DE TOUS LES COURS D'EAU PAR ANNEE. LES DONNEES ENTRE PARENTHESES REPRESENTENT LE POURCENTAGE DE VARIATION INTER-ANNUELLE DU NUTRIMENT CALCULE POUR LA PERIODE 1989 A 2015 EN % DE KT/AN, LES VALEURS EN DEHORS DES PARENTHESES REPRESENTENT LES VARIATIONS EN KT/AN. LES ESTIMATIONS DE FLUX SONT EFFECTUEES PAR LE SOES SUIVANT LE PROTOCOLE OSPAR RID.....	115
TABLEAU 27. ÉVALUATION PAR LA METHODE DE TRAÇAGE DE L'AZOTE DE MENESGUEN <i>ET AL.</i> (2006) DES FLUX D'AZOTE (N) ET DES FLUX D'AZOTE MARQUE* (N ^T) QUI TRANSITENT PAR LE DETROIT DU PAS-DE-CALAIS (EN MILLIERS DE TONNES PAR AN) (* LE MARQUAGE REVIENT A AFFECTER UNE « NATIONALITE » A UNE SOURCE D'AZOTE EN FONCTION DE SA SOURCE : ATLANTIQUE, FRANCE (FN ^T), BELGIQUE).	126
TABLEAU 28. POURCENTAGE ANNUEL MOYEN DE NITRATE (N-NO ₃) ET D'AZOTE DE COLONIES DE <i>PHAEOCYSTIS GLOBOSA</i> (N-PG) DE DIVERSES ORIGINES DANS DIFFERENTES ZONES DU DOMAINE MODELISE (REPRESENTEES SUR LA FIGURE 43).	129
TABLEAU 29A. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DES ZONES DE LA SOUS-REGION MARINE MC DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU CRITERE D5C1 (ELEMENTS AZOTES).....	143
TABLEAU 30. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DES ZONES DE LA SOUS-REGION MARINE MC DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU CRITERE D5C2.....	145
TABLEAU 31. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DES ZONES DE LA SOUS-REGION MARINE MC DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU CRITERE D5C4.....	148
TABLEAU 32. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DES ZONES DE LA SOUS-REGION MARINE MC DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU CRITERE D5C5.....	149
TABLEAU 33. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DE LA SOUS-REGION MARINE MC DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU DESCRIPTEUR 5.	153
TABLEAU 34. TENDANCE TEMPORELLE (TEST DE MANNKENDALL SAISONNIER) DES FLUX EN NUTRIMENT SUR 27 ANNEES DE MESURE (1989 A 2015) POUR LES COURS D'EAU SE DEVERSANT DANS LA SRM MC ET INCLUS DANS LA STRATEGIE RID OSPAR; SUPERFICIE DES SECTEURS HYDROGRAPHIQUES ET CARACTERISTIQUES DES APPORTS RELATIFS A CES COURS D'EAU (TRIBUTAIRE: COURS D'EAU SECONDAIRE). LES FLECHES VERTES INDIQUENT UNE TENDANCE SIGNIFICATIVE (P. VALUE <0,05) A LA BAISSSE ET LES FLECHES BLEUES INDIQUENT L'ABSENCE DE TENDANCE SIGNIFICATIVE. LA SUPERFICIE EN GRAS REPRESENTE LA SOMME DES SUPERFICIES DE TOUS LES SECTEURS HYDROGRAPHIQUES, LES VALEURS DE TENDANCE EN GRAS ONT ETE CALCULEES SUR LA SOMME DES FLUX DE TOUS LES COURS D'EAU PAR ANNEE. LES DONNEES ENTRE PARENTHESES REPRESENTENT LE POURCENTAGE DE VARIATION ANNUELLE DU NUTRIMENT CALCULE POUR LA PERIODE 1989 A 2015 EN % DE KT/AN. LES VALEURS EN DEHORS DES PARENTHESES REPRESENTENT LES VARIATIONS EN KT/AN. LES ESTIMATIONS DE FLUX SONT EFFECTUEES PAR LE SOES SUIVANT LE PROTOCOLE OSPAR RID.	158
TABLEAU 35A. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DES ZONES DE LA SOUS-REGION MARINE GdG DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU CRITERE D5C1 (ELEMENT AZOTE).	178
TABLEAU 36. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DES ZONES DE LA SOUS-REGION MARINE GdG DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU CRITERE D5C2.....	180

TABLEAU 37. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DES ZONES DE LA SOUS-REGION MARINE GDG DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU CRITERE D5C4.	183
TABLEAU 38. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DES ZONES DE LA SOUS-REGION MARINE GDG DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU CRITERE D5C5.	184
TABLEAU 39. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DE LA SOUS-REGION MARINE GDG DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU DESCRIPTEUR 5.	188
TABLEAU 40. TENDANCE TEMPORELLE (TEST DE MANNKENDALL SAISONNIER) DES FLUX EN NUTRIMENT SUR 27 ANNEES DE MESURE (1989 A 2015) POUR LES COURS D'EAU SE DEVERSANT DANS LA SRM GDG ET INCLUS DANS LA STRATEGIE RID OSPAR; SUPERFICIE DES SECTEURS HYDROGRAPHIQUES ET CARACTERISTIQUES DES APPORTS RELATIFS A CES COURS D'EAU (TRIBUTAIRE: COURS D'EAU SECONDAIRE). LES FLECHES VERTES INDIQUENT UNE TENDANCE SIGNIFICATIVE (P. VALUE <0,05) A LA BAISSSE ET LES FLECHES BLEUES INDIQUENT L'ABSENCE DE TENDANCE SIGNIFICATIVE. LA SUPERFICIE EN GRAS REPRESENTE LA SOMME DES SUPERFICIES DE TOUS LES SECTEURS HYDROGRAPHIQUES, LES VALEURS DE TENDANCE EN GRAS ONT ETE CALCULEES SUR LA SOMME DES FLUX DE TOUS LES COURS D'EAU PAR ANNEE. LES DONNEES ENTRE PARENTHESES REPRESENTENT LE POURCENTAGE DE VARIATION ANNUELLE DU NUTRIMENT CALCULE POUR LA PERIODE 1989 A 2015 EN % DE KT/AN. LES VALEURS EN DEHORS DES PARENTHESES REPRESENTENT LES VARIATIONS EN KT/AN. LES ESTIMATIONS DE FLUX SONT EFFECTUEES PAR LE SOES SUIVANT LE PROTOCOLE OSPAR RID.	193
TABLEAU 41A. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DES ZONES DE LA SOUS-REGION MARINE MO DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU CRITERE D5C1 (ELEMENT AZOTE).	212
TABLEAU 42. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DES ZONES DE LA SOUS-REGION MARINE MO DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU CRITERE D5C2.	214
TABLEAU 43. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DES ZONES DE LA SOUS-REGION MARINE MO DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU CRITERE D5C4.	217
TABLEAU 44. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DES ZONES DE LA SOUS-REGION MARINE MO DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU CRITERE D5C5.	218
TABLEAU 45. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DE LA SOUS-REGION MARINE MO DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU DESCRIPTEUR 5.	221
TABLEAU 46. TENDANCE TEMPORELLE (TEST DE MANNKENDALL SAISONNIER) DES FLUX EN NUTRIMENT SUR 27 ANNEES DE MESURE (1990 A 2014) POUR LES COURS D'EAU SE DEVERSANT DANS LA SRM MO; SUPERFICIE DES SECTEURS HYDROGRAPHIQUES ET CARACTERISTIQUES DES APPORTS RELATIFS A CES COURS D'EAU (TRIBUTAIRE: COURS D'EAU SECONDAIRE). LES FLECHES VERTES INDIQUENT UNE TENDANCE SIGNIFICATIVE (P. VALUE <0,05) A LA BAISSSE ET LES FLECHES BLEUES INDIQUENT L'ABSENCE DE TENDANCE SIGNIFICATIVE. LA SUPERFICIE EN GRAS REPRESENTE LA SOMME DES SUPERFICIES DE TOUS LES SECTEURS HYDROGRAPHIQUES, LES VALEURS DE TENDANCE EN GRAS ONT ETE CALCULEES SUR LA SOMME DES FLUX DE TOUS LES COURS D'EAU PAR ANNEE. LES DONNEES ENTRE PARENTHESES REPRESENTENT LE POURCENTAGE DE VARIATION ANNUELLE DU NUTRIMENT CALCULE POUR LA PERIODE 1990 A 2014 EN % DE KT/AN. LES VALEURS EN DEHORS DES PARENTHESES REPRESENTENT LES VARIATIONS EN KT/AN. LES ESTIMATIONS DE FLUX SONT EFFECTUEES PAR LE SOES SUIVANT LE PROTOCOLE OSPAR RID.	226
TABLEAU 47. SURFACE (KM ²) ET PROPORTION (%) DE SUPERFICIE DE L'ENSEMBLE DES SOUS-REGIONS MARINES FRANÇAISES DANS LES DIFFERENTS ETATS ECOLOGIQUES A L'ISSU DE L'EVALUATION DCSMM AU REGARD DU DESCRIPTEUR 5. ...	244

Sommaire

1. Résumé	23
2. Éléments de cadrage et de contexte.....	24
2.1. Définition du bon état écologique pour le descripteur 5	24
2.1.1. L'eutrophisation et ses sources, définition générale.....	24
2.1.2. Les critères définissant le descripteur 5	28
2.2. Normes méthodologiques définies par la DCMM	31
2.2.1. Remarques générales sur le descripteur 5	31
2.2.2. Normes concernant le critère « Concentration en nutriments dans la colonne d'eau » (D5C1)	32
2.2.3. Normes concernant le critère « Présence de chlorophylle- <i>a</i> dans la colonne d'eau » (D5C2)	32
2.2.4. Normes concernant le critère « Prolifération d'algues toxiques dans la colonne d'eau » (D5C3)	32
2.2.5. Normes concernant le critère « La limite photique de la colonne d'eau » (D5C4).....	33
2.2.6. Normes concernant le critère « Concentration en oxygène dissous au fond de la colonne d'eau » (D5C5)	33
2.2.7. Normes concernant le critère « Abondance des algues macroscopiques opportunistes des habitats benthiques » (D5C6)	34
2.2.8. Normes concernant le critère « Communautés de macrophytes des habitats benthiques » (D5C7)	34
2.2.9. Normes concernant le critère « Communautés de macrofaune des habitats benthiques » (D5C8)	35
3. Matériels et méthodes	36
3.1. Unités Marines de Rapportage.....	36
3.2. Unité Géographique d'Évaluation.....	37
3.3. Évaluation quantitative du BEE	44
3.3.1. Critère D5C1 : Concentration en nutriments dans la colonne d'eau	44
3.3.2. Critère D5C2 : Concentration en chlorophylle- <i>a</i> dans la colonne d'eau.....	58
3.3.3. Critère D5C3 : Occurrence d'algues toxiques	65
3.3.4. Critère D5C4 : Transparence de la colonne d'eau	66
3.3.5. Critère D5C5 : Concentration en oxygène dissous au fond de la colonne d'eau.....	71
3.3.6. Critère D5C6 : Abondance des macroalgues opportunistes des habitats benthiques	73
3.3.7. Critère D5C7 : Communautés de macrophytes des habitats benthiques.....	76
3.3.8. Critère D5C8 : Macrofaune benthique	80
3.3.9. Synthèse des critères pour l'évaluation du bon état écologique (BEE)	80
3.4. Utilisation des données issues des images satellites et de la modélisation.	84
3.4.1. Généralités.....	84
3.4.2. Traitement des données.....	84
3.4.3. Caractéristiques des données.....	85
3.5. Méthode d'évaluation du descripteur	88
3.5.1. Agrégation temporelle de l'information.....	91
3.5.2. Intégration des différents critères	92
3.5.3. Agrégation spatiale de l'information.	93
3.5.4. Étapes supplémentaires.	93
4. Évaluation du descripteur 5 pour la SRM MMN.....	94
4.1. Éléments considérés pour l'évaluation du descripteur 5 dans la SRM MMN	94

4.2. Données utilisées pour l'évaluation du descripteur 5 dans la SRM MMN.....	95
4.2.1. Réseaux côtiers.....	95
4.2.2. Données des zones intermédiaire et large	97
4.3. Résultats de l'évaluation par critère pour la SRM MMN	98
4.3.1. D5C1 : Concentration en nutriments dans la colonne d'eau.....	98
4.3.2. D5C2 : Concentration en chlorophylle- <i>a</i> dans la colonne d'eau	101
4.3.3. D5C4 : Transparence de la colonne d'eau	104
4.3.4. D5C5 : Concentration en oxygène dissous au fond de la colonne d'eau.....	105
4.3.5. D5C6 : Macroscopiques opportunistes des habitats benthiques	107
4.3.6. D5C7 : Communautés de macrophytes des habitats benthiques.....	108
4.4. Résultats au niveau du descripteur 5 dans la SRM MMN.....	109
4.4.1. Évaluation de la SRM	109
4.4.2. Confiance	110
4.5. Sources de pression dans la SRM MMN	111
4.5.1. Apports terrestres.....	111
4.5.1.1. Flux en nutriments des cours d'eau.....	111
4.5.1.4. Apports diffus : zones vulnérables.....	118
4.5.1.5. Apports ponctuels : zones sensibles.....	119
4.5.2. Apports atmosphériques	121
4.5.3. Transports transfrontaliers hydrodynamiques.....	124
4.5.3.1. Les apports transfrontaliers estimés par le projet EMOSEM	124
4.5.3.2. Les apports transfrontaliers estimés par le projet LITEAU II / PNEC <i>Phaeocystis</i>	126
4.6. Discussion sur les résultats de la SRM MMN	130
4.6.1. Bilan des résultats de l'évaluation DCSMM 2018 et comparaison avec l'évaluation initiale 2012.....	130
4.6.2. Justifications de non-utilisation d'un critère	133
4.6.3. Justification de non-utilisation des évaluations des indicateurs des Conventions des Mers Régionales.....	133
4.7. Conclusions sur les résultats de la SRM MMN.....	134
5. Évaluation du descripteur 5 pour la SRM MC.....	136
5.1. Éléments considérés pour l'évaluation du D5 dans la SRM MC.....	136
5.2. Données utilisées pour l'évaluation du descripteur 5 dans la SRM MC.....	137
5.2.1. Réseaux côtiers.....	137
5.2.2. Données des zones intermédiaire et large	140
5.3. Résultats de l'évaluation par critère pour la SRM MC.....	141
5.3.1. D5C1 : Concentration en nutriments dans la colonne d'eau.....	141
5.3.2. D5C2 : Concentration en chlorophylle- <i>a</i> dans la colonne d'eau	144
5.3.3. D5C4 : Transparence de la colonne d'eau	147
5.3.4. D5C5 : Concentration en oxygène dissous au fond de la colonne d'eau.....	148
5.3.5. D5C6 : Macroscopiques opportunistes des habitats benthiques	150
5.3.6. D5C7 : Communautés de macrophytes des habitats benthiques.....	151
5.4. Résultats au niveau du descripteur 5 pour la SRM MC	152
5.4.1. Évaluation de la SRM	152
5.4.2. Confiance	153
5.5. Sources de pressions dans la SRM MC	154
5.5.1. Apports terrestres.....	154
5.5.2. Apports atmosphériques	161
5.5.3. Transports transfrontaliers hydrodynamique	165

5.6. Discussion sur les résultats de la SRM MC.....	167
5.6.1. Bilan des résultats de l'évaluation initiale 2018 et comparaison avec l'évaluation initiale 2012.....	167
5.6.2. Justifications de non-utilisation d'un critère	168
5.6.3. Justification de non-utilisation des évaluations des indicateurs des Conventions des Mers Régionales.....	169
5.7. Conclusion sur les résultats de la SRM MC.....	170
6. Évaluation du descripteur 5 pour la SRM GdG.....	171
6.1. Éléments considérés pour l'évaluation du descripteur 5 dans la SRM GdG.....	171
6.2. Données utilisées pour l'évaluation du descripteur 5 dans la SRM GdG	172
6.2.1. Réseaux côtiers.....	172
6.2.2. Données des zones intermédiaire et large	175
6.3. Résultats de l'évaluation par critère pour la SRM GdG	176
6.3.1. D5C1 : Concentration en nutriments dans la colonne d'eau.....	176
6.3.2. D5C2 : Concentration en chlorophylle- <i>a</i> dans la colonne d'eau	179
6.3.3. D5C4 : Transparence de la colonne d'eau	182
6.3.4. D5C5 : Concentration en oxygène dissous au fond de la colonne d'eau.....	183
6.3.5. D5C6 : Macroscopiques opportunistes des habitats benthiques	185
6.3.6. D5C7 : Communautés de macrophytes des habitats benthiques.....	186
6.4. Résultats au niveau du descripteur 5 pour la SRM GdG.....	187
6.4.1. Évaluation de la SRM	187
6.4.2. Confiance	188
6.5. Sources de pressions dans la SRM GdG.....	189
6.5.1. Apports terrestres.....	189
6.5.2. Apports atmosphériques	197
6.5.3. Transports transfrontaliers hydrodynamique	201
6.6. Discussion sur les résultats de la SRM GdG	203
6.6.1. Bilan des résultats de l'évaluation initiale 2018 et comparaison avec l'évaluation initiale 2012.....	203
6.6.2. Justifications de non-utilisation d'un critère	205
6.6.3. Justification de non-utilisation des évaluations des indicateurs des Conventions des Mers Régionales.....	205
6.7. Conclusion sur les résultats de la SRM GdG	206
7. Évaluation du descripteur 5 pour la SRM MO.....	207
7.1. Éléments considérés pour l'évaluation du D5 dans la SRM MO	207
7.2. Données utilisées pour l'évaluation du descripteur 5 en MO.....	208
7.2.1. Réseaux côtiers.....	208
7.2.2. Données des zones intermédiaire et large	209
7.3. Résultats de l'évaluation par critère pour la SRM MO	210
7.3.1. D5C1 : Concentration en nutriments dans la colonne d'eau.....	210
7.3.2. D5C2 : Concentration en chlorophylle- <i>a</i> dans la colonne d'eau	213
7.3.3. D5C4 : Transparence de la colonne d'eau	216
7.3.4. D5C5 : Concentration en oxygène dissous de la colonne d'eau.....	217
7.3.5. D5C7 : Communautés de macrophytes des habitats benthiques.....	219
7.4. Résultats au niveau du descripteur 5 pour la SRM MO.....	220
7.4.1. Évaluation de la SRM	220
7.4.2. Confiance	221

7.5. Sources de pressions dans la SRM MO.....	222
7.5.1. Apports terrestres.....	222
7.5.2. Apports atmosphériques	230
7.6. Discussion sur les résultats de la SRM MO	230
7.6.1. Bilan des résultats de l'évaluation initiale 2018 et comparaison avec l'évaluation initiale 2012.....	230
7.6.2. Justifications de non-utilisation d'un critère	231
7.6.3. Justification de non-utilisation des évaluations des indicateurs des Conventions des Mers Régionales.....	232
7.7. Conclusion sur les résultats de la SRM MO	232
8. Discussion générale	234
8.1. Définition des seuils.....	234
8.2. Pertinence des indicateurs utilisés	235
8.3. Coopérations.....	236
8.4. Liens avec les Programmes de Surveillance et recommandations en matière de recherche et de surveillance	238
8.4.1. Liens avec les PdS et besoins de recherches associés	238
8.4.2. Autres recommandations de recherche spécifiques	239
8.5. Influence du changement climatique.....	242
9. Conclusion générale.....	243
10. Bibliographie	246
11. Annexes	250
11.1. Détails du script d'évaluation à partir des données issu des images satellite et des modèles.....	250
11.2. Liste des experts et organismes impliqués à plusieurs niveaux de l'évaluation du descripteur 5.....	252
11.3. Résultats numériques du calcul des indicateurs	253
11.4. Détail de l'évaluation pour les masses d'eau côtières.....	253
11.4.1. Masses d'eau côtières de la SRM MMN	253
11.4.2. Masses d'eau côtières de la SRM MC	253
11.4.3. Masses d'eau côtières de la SRM GdG	254
11.4.4. Masses d'eau côtières de la SRM MO.....	254
11.5. Fiches indicateurs	255

1. Résumé

L'évaluation de l'état d'eutrophisation des eaux marines françaises suivant les procédures définies par la DCSMM (Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin) s'est essentiellement basée, comme demandé par la Commission Européenne, sur les résultats d'évaluation de la DCE (Directive Cadre sur l'Eau) pour la partie côtière mais également sur les résultats de la troisième application de la procédure commune OSPAR (COMP3). Toutefois, la zone d'emprise de la DCE limitée à la bande côtière inférieure à 1 mile nautique (mn) et les résultats de la COMP3 étant également très limités dans l'espace, de nouvelles méthodes ont été employées pour répondre aux prérogatives de la DCSMM : effectuer l'évaluation sur l'ensemble des sous-régions marines françaises.

L'absence ou le faible de nombre de données terrain compatibles avec les périodes inhérentes aux processus d'eutrophisation (accumulation de nutriments en hiver et blooms phytoplanctoniques au printemps-été) nous a conduits à utiliser des données issues de l'analyse des images satellites ainsi que de la modélisation, ceci nous permettant à la fois de couvrir l'ensemble des sous-régions marines et des périodes pertinentes.

Toutefois, tous les critères n'ont pu être évalués par le biais de ces méthodes; à cause du manque de données, de seuils ou d'indicateur pertinent, les algues toxiques et la macrofaune benthique n'ont pu être évalués. De même, si les seuils et métriques développés dans le cadre de la DCE ont pu être utilisés directement pour effectuer les évaluations des critères au niveau des masses d'eau côtières, les seuils ont dû être adaptés, en testant différentes méthodes, pour les eaux marines au-delà de ces masses d'eau côtières.

Ainsi les évaluations des différents critères et du descripteur 5 ont été effectuées selon un découpage des eaux marines françaises en 4 sous-régions marines (SRM), elles-mêmes divisées en 3 zones selon l'éloignement à la côte : une zone côtière entre la ligne de base et les 1 mn, une zone intermédiaire entre les 1 mn et 12 mn et une zone large au-delà des 12 mn.

Les résultats montrent une très bonne couverture spatiale de l'évaluation du descripteur 5 à l'échelle des SRM françaises. Les problèmes d'eutrophisation détectés avec cette approche se limitent à quelques zones au niveau de la zone côtière et de la zone intermédiaire. La zone au large n'est pas touchée par les phénomènes d'eutrophisation. Pour la SRM Manche Mer du Nord (MMN), la zone intermédiaire en face de la Baie de Somme ainsi qu'une partie de la Baie de Seine n'atteignent pas le Bon Etat Ecologique (BEE), sur la zone côtière quelques masses d'eau sont touchées par des échouages d'algues vertes opportunistes. Pour la SRM Mer Celtique (MC), les zones intermédiaires et larges atteignent le BEE dans leur intégralité, des masses d'eau côtière présentent des échouages d'algues vertes opportunistes, ce qui représente la principale manifestation de l'eutrophisation dans cette SRM. Dans la SRM Golfe de Gascogne (GdG), 2 zones dans le panache de l'estuaire de la Gironde et en baie de Vilaine ne semblent pas atteindre le BEE, au niveau côtier quelques masses d'eau au nord de la SRM sont également touchées par des échouages d'algues vertes opportunistes. La SRM Méditerranée Occidentale (MO) atteint le BEE dans son intégralité même si l'évaluation au niveau de la bande côtière manque de robustesse au regard du faible nombre de critères évalués (peu ou absence de données disponibles pour certains critères) et que l'évaluation du critère oxygène au large ne correspond pas à la définition de la Directive.

2. Éléments de cadrage et de contexte

2.1. Définition du bon état écologique pour le descripteur 5

2.1.1. L'eutrophisation et ses sources, définition générale

L'eutrophisation au sens strict est un phénomène qui se produit depuis des millénaires. C'est un processus d'addition de nutriments à une masse d'eau pouvant être un lac, une rivière, un estuaire, un océan qui va résulter en un changement de la production primaire et de la composition spécifique de la communauté associée à cette masse d'eau. Ce processus naturel se produit alors sur des échelles de temps longues qui sont typiquement des échelles géologiques. A ces échelles, la masse d'eau passe par différents états, du moins enrichi au plus enrichi en nutriments (oligotrophique → mésotrophique → eutrophique). Les écosystèmes ont un niveau de résilience à un enrichissement par les nutriments qui leur permet de résister à la forte variabilité des apports en situation normale. Cette résilience peut s'avérer insuffisante face aux apports excessifs de nutriments (**pression d'eutrophisation**) dont les principales sources¹ sont, par voies terrestre et/ou atmosphérique :

- l'agriculture (principalement apports terrestres diffus en nitrates et phosphates + évaporation d'azote réduit NH_3 dans l'atmosphère),
- les transports : fluviaux, maritimes, aériens et terrestres (apports atmosphériques diffus en oxyde d'azote (NO_x) provenant de la combustion),
- la production d'énergie à partir de sources non renouvelables (apports ponctuels atmosphériques de NO_x provenant de la combustion),
- les usages industriels (apports ponctuels atmosphériques de NO_x provenant de la combustion),
- les usages urbains (principalement apports ponctuels).

Les différentes sources de pression actuellement quantifiables ainsi que les directives européennes les prenant en compte seront présentées plus en détail pour chaque sous-région marine.

Depuis le XX^{ème} siècle, en raison de l'industrialisation, du développement de l'agriculture intensive et de l'augmentation de la population, l'eutrophisation s'est accélérée en réponse à des apports excessifs de nutriments et notamment de l'azote et du phosphore. Ceci est parfois défini comme l'eutrophisation culturelle. Ce type d'eutrophisation, qui se produit à des échelles de temps plus courtes provoque des effets nuisibles sur de nombreux écosystèmes à travers le monde. De plus, ce type d'eutrophisation a des conséquences socio-économiques importantes comme, par exemple, une perte des potentialités d'utilisation des eaux à des fins récréatives, un impact sur le tourisme voire sur les résidences permanentes, une réduction de la production et/ou de la consommation des produits de la mer, une augmentation des

¹ Référencées dans la Décision 2017/845/UE

coûts d'entretien pour maintenir un environnement conforme à l'attente des usagers (ramassage des algues vertes, par exemple), *etc.*

Lorsque leurs concentrations augmentent, les nutriments sont transformés en composés organiques au travers des processus de fixation de l'azote et du phosphore des plantes. Sous leur forme inorganique, ils peuvent être utilisés par le phytoplancton qui se développe alors davantage (Figure 2). Une plus forte concentration du phytoplancton en surface peut réduire la pénétration de la lumière, limitant ainsi son développement et celui des autres végétaux (Figure 2). Ceci peut impacter la biodiversité au travers de modification de la composition spécifique et de la perte d'habitats (Figure 2), et peut induire une réduction de l'oxygène qui est produit par la végétation en situation normale (absence d'eutrophisation). En effet, lorsque le plancton meurt et sédimente, la matière organique arrivant sur le fond est oxydée par les bactéries aérobies, ce qui réduit davantage la concentration en oxygène dans l'eau (Figure 2). En cas d'excès de matière organique, ceci peut mener à des phénomènes d'hypoxie voire d'anoxie² et peut causer la mort de poissons et/ou d'autres organismes aquatiques. Dans ces conditions, l'établissement d'une communauté bactérienne anaérobie sur le fond peut également conduire à la production de gaz tel que l'hydrogène sulfuré ou le méthane, composés létaux pour la faune.

L'eutrophisation apparaît ainsi comme un processus complexe résultant de la mise en œuvre d'un certain nombre de processus chimiques et biologiques qui se combinent pour provoquer les effets évoqués ci-dessus (Figure 2). L'augmentation excessive de la production primaire va provoquer des changements de structure des écosystèmes et de composition des espèces associées. La diminution de la concentration en oxygène, le développement d'algues nuisibles et la production de substances toxiques vont avoir des conséquences majeures pour les écosystèmes.

² Hypoxie : situation dans laquelle le dioxygène dissous n'est présent que pour 1 % à 30 % de son seuil de saturation dans l'eau ; les formes de vie naturellement présentes dans un milieu oxygéné sont alors perturbées ou tuées. Anoxie : situation dans laquelle le dioxygène dissous est totalement absent. La plupart des formes de vie consommant de l'oxygène disparaissent alors au profit de bactéries et d'organismes fongiques.

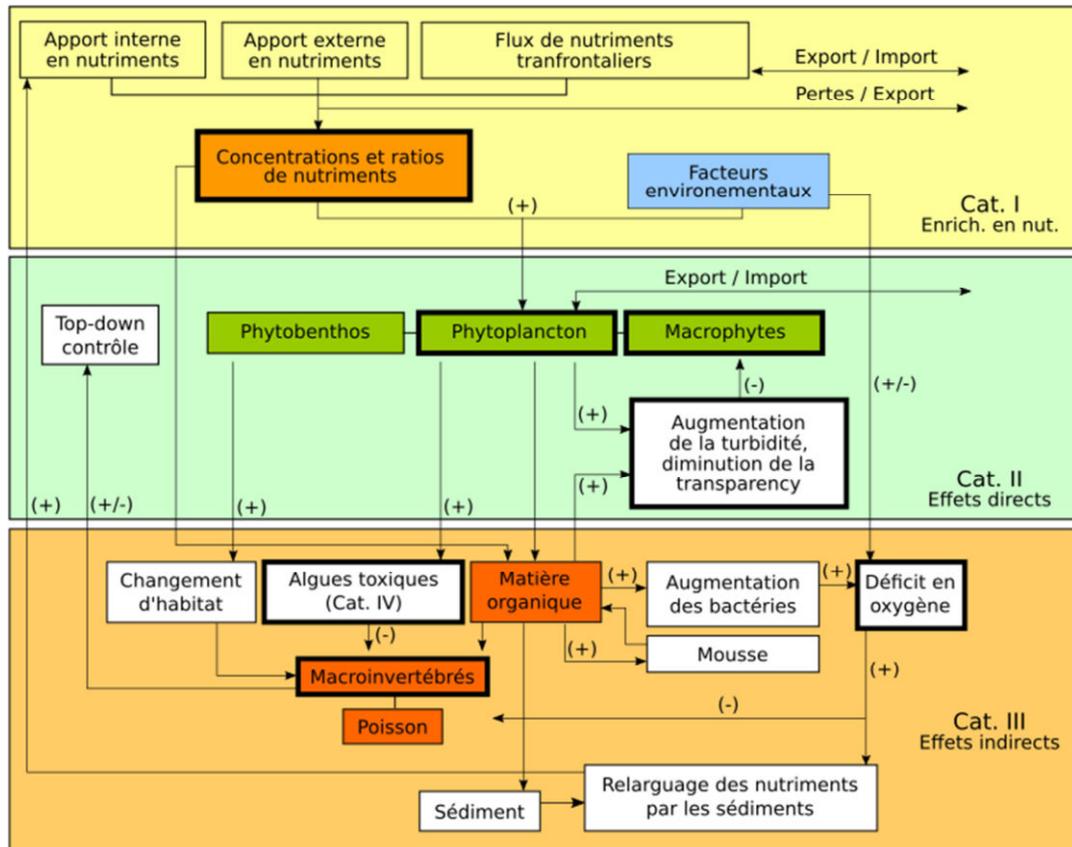


Figure 2. Interactions entre les différents éléments impliqués dans le processus d'eutrophisation. (+) renforcement du processus, (-) inhibition du processus. Cat. Catégories de la Procédure Commune d'évaluation de l'état d'eutrophisation d'OSPAR. (Source : Claussen *et al.*, 2009)³. Les paramètres entourés en gras sont ceux considérés par la DCSMM dans la définition du descripteur 5.

Selon la convention ou la directive considérée, la complexité du phénomène d'eutrophisation (Figure 2) se traduit par plusieurs définitions :

Définition de l'eutrophisation selon OSPAR⁴:

L'eutrophisation signifie l'enrichissement de l'eau par des nutriments causant une accélération du développement des algues et des plus grandes formes de vie végétales produisant une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans l'eau et de la qualité de l'eau en question, et ainsi fait référence aux effets indésirables résultant de l'enrichissement d'origine anthropique en nutriments.

³ Claussen U, Zevenboom W, Brockmann, Topcu D. et Bot P. 2009. Assesment of the eutrophication status of transitional coastal and marine waters within OSPAR. *Hydrobiologia*, 629, 49-58.

⁴ OSPAR 1998: OSPAR Strategy to Combat Eutrophication.

Définition de l'eutrophisation selon HELCOM⁵:

Cela ne constitue pas une réelle définition du terme "eutrophisation" et la convention HELCOM ne propose pas une telle définition standardisée pour l'ensemble de sa zone maritime. Toutefois cela ne semble pas poser de problème puisque tous les pays membres partagent la même compréhension conceptuelle de l'eutrophisation à travers ses causes et ses effets directs et indirects.

Définition de l'eutrophisation selon l'UNEP/MAP (Barcelone)⁶:

L'eutrophisation est une perturbation environnementale causée par un excès du taux d'apport de matières organiques.

Définition de l'eutrophisation selon la DCSMM (TaskGroup5, 2010⁷):

L'eutrophisation est un processus piloté par un enrichissement de l'eau par les nutriments, spécialement les composés azotés et/ou phosphorés, conduisant à : une augmentation de la croissance, de la production primaire et de la biomasse des algues ; un changement dans l'équilibre des organismes ; et une dégradation de la qualité de l'eau. Les conséquences de l'eutrophisation sont indésirables si l'on observe une dégradation sensible de la santé de l'écosystème et/ou de la mise à disposition durable des biens et services.

La DCE reprend, quant à elle, celle de la Directive des Eaux Résiduaire Urbaines⁸ :

L'enrichissement de l'eau par les nutriments, spécialement par les composés azotés et/ou phosphorés, causant une accélération de la croissance des algues et des formes de vie végétale supérieures produisant une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présent dans l'eau et de la qualité de l'eau concernée.

Des informations plus détaillées sur les manifestations, causes et conséquences de l'eutrophisation peuvent être trouvées dans la synthèse ESCo⁹ dont le but est de produire un état des lieux exhaustif des connaissances scientifiques sur la problématique eutrophisation. Ce rapport peut constituer un complément à la lecture de ce chapitre.

⁵ HELCOM 2006: Development of tools for assessment of eutrophication in the Baltic Sea Balt. Sea Environ. Proc. No. 104

⁶ UNEP(DEC)/MED WG.231/14 Monitoring of Mediterranean Marine Eutrophication: Strategy, parameters and Indicators.

⁷ Ferreira JG et al. 2010 Marine Strategy Framework Directive – Task Group 5 Report Eutrophication.

⁸ European Communities 2009. WFD CIS. Guidance Document No. 23. Guidance document on eutrophication assessment in the context of European Water Policies.

⁹ Pinay G, Gascuel C, Ménesguen A, Souchon Y, Le Moal M (coord), Levain A, Etrillard C, Moatar F, Pannard A et Souchu P. 2017. L'eutrophisation : manifestations, causes, conséquences et prédictibilité. Synthèse de l'Expertise scientifique collective CNRS - Ifremer - INRA - Irstea (France), 148 pages.

2.1.2. Les critères définissant le descripteur 5

2.1.2.1. Les critères de la Décision 2017/848/UE

Le descripteur 5 de la DCSMM (qui compte 11 descripteurs pour évaluer l'atteinte du bon état écologique des eaux marines *via* une approche écosystémique intégrée) définit le statut d'eutrophisation des masses d'eau marine (côtières et du large) en fonction de huit critères primaires et secondaires qui retranscrivent, pour sept d'entre eux, l'impact de l'eutrophisation sur l'environnement marin, le huitième étant un critère de pression (la concentration en nutriments dans la colonne d'eau, D5C1). Les sept critères d'impact sont :

- (i) D5C2 : la chlorophylle-*a* qui est un *proxy* de la biomasse phytoplanctonique, biomasse pouvant fortement varier en fonction de la disponibilité en nutriments (entre autres),
- (ii) D5C3 : l'occurrence et la persistance de blooms d'algues nuisibles, phénomène souvent mis en relation avec la disponibilité en nutriments sans toutefois que cela fasse consensus, cette relation avec l'eutrophisation étant beaucoup plus complexe et nécessitant en conséquence des connaissances supplémentaires (voir les fiches du Programme d'Acquisition des Connaissances correspondantes et Lefebvre, 2012¹⁰),
- (iii) D5C4 : la transparence de l'eau pouvant être affectée par la concentration en phytoplancton, elle-même en lien avec la disponibilité en nutriments (voir (i)),
- (iv) D5C5 : la concentration en oxygène dans le fond pouvant diminuer jusqu'à des concentrations néfastes pour les organismes vivants à cause de la dégradation de la matière organique provenant de la production de fortes biomasses phytoplanctonique (voir (i)),
- (v) D5C6 : la présence de macroalgues opportunistes dont le développement en abondance peut être associé à des périodes d'eutrophisation des masses d'eau côtières,
- (vi) D5C7 : les macroalgues et herbiers pérennes dont la persistance et la répartition sont négativement influencées par les effets de l'eutrophisation (voir (iii) et (iv)) et
- (vii) D5C8 : la composition et l'abondance de la macrofaune benthique liée à la concentration en oxygène au fond (voir (iv)) ou l'abondance de la matière organique (voir (i)).

Les critères nutriments, chlorophylle-*a* et oxygène au fond sont des critères définis comme étant primaires, c'est à dire qu'ils doivent être utilisés par tous les États Membres pour évaluer l'état d'eutrophisation afin de maintenir une certaine cohérence à l'échelle de la DCSMM (avec toutefois une nuance pour l'oxygène au fond qui peut être remplacé par le critère macrofaune benthique s'il n'est pas évaluable). Les autres critères, dit critères secondaires, sont utilisés s'ils sont pertinents pour la masse d'eau considérée (*ex* : pas de macroalgues dans les eaux du large) ou pour compléter un critère primaire. La non-utilisation d'un critère, ou d'un élément constituant un critère, doit faire l'objet d'une justification.

¹⁰ Lefebvre A. 2012. La Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM – 2008/56/EU). Identification des besoins de recherches pour le descripteur 5 lié à l'eutrophisation. Ifremer/RST.LER.BL/12.02. 23p.

Différents indicateurs ont ainsi été développés pour évaluer ces critères. Une liste simplifiée des indicateurs français existants ainsi que la nomenclature des différents critères sont indiqués dans le tableau 1.

2.1.2.2. Évolution depuis la Décision 2010/477/UE

Si certains critères n'ont que très peu évolué depuis la première Décision de 2010, comme c'est le cas de tous les critères primaires ("nutriments", "chlorophylle-*a*" et "oxygène dissous"), certains ont été complètement revus voire ajoutés (Tableau 1). En particulier, le critère 5.2.4 "Modification des espèces dans la composition de la flore" de la Décision de 2010, prenait en compte : "le rapport diatomées/flagellés, le basculement des espèces benthiques aux espèces pélagiques, ainsi que la floraison d'espèces sources de nuisance ou la prolifération d'algues toxiques (par exemple, cyanobactéries), causée par les activités humaines". Il a été remanié dans la Décision de 2017 pour ne prendre en compte que les proliférations d'espèces d'algues toxiques dans sa version française¹¹. Néanmoins la relation entre les efflorescences d'algues toxiques et le phénomène eutrophisation n'est pas encore prouvée dans toutes les zones où de telles proliférations se produisent¹². Le critère macrofaune benthique (D5C8) n'existait pas dans la Décision de 2010 et a été rajouté au cours des différentes révisions qui ont mené à la version finale de la Décision de 2017 (Tableau 1). Il a toutefois été proposé en remplacement du critère oxygène en cas de non disponibilité de celui-ci. Ainsi, la définition du descripteur 5 était basée en 2010 sur 7 critères répartis en 3 catégories (catégorie OSPAR : teneur en nutriments, effets directs et effets indirects de l'eutrophisation). En 2011 une première réflexion sur les méthodes possibles pour définir le descripteur 5 à partir de ces différents critères avait été menée¹³ : cette réflexion prônait l'utilisation des outils DCE à la côte avec des objectifs et des évaluations spécifiques à la DCSMM qui s'appliqueront ainsi dans les eaux côtières et les eaux du large. Cela impliquait de considérer 2 états possibles par critère (la DCSMM définit 2 catégories d'états possibles de l'environnement : l'atteinte ou la non atteinte du bon état écologique) et donc d'adapter les grilles de lecture de la DCE qui compte 5 catégories d'états, la séparation entre « BEE » et « non BEE » correspondant alors à la séparation DCE entre « bon » et « moyen ». L'intégration inter-critères qui avait été proposée était l'approche OSPAR, assez proche du « *one-out-all-out* », où l'évaluation d'un seul critère de catégorie « effets directs » ou « effets indirects » en mauvais état induit le mauvais état de la masse d'eau. Les réflexions ayant depuis évolué, les critères ont changé et le "one-out all-out" a été proscrit de l'approche DCSMM¹⁴ lui préférant des approches plus nuancées mais sans cibler de méthode en particulier. L'évaluation actuelle se base donc sur ces réflexions.

¹¹ La décision 2017/848/UE écrite en anglais fait mention d'« harmful algae ». Ce terme qui se traduit littéralement par algues nuisibles a été traduit dans la version française de la décision en algues toxiques qui est un terme plus restrictif (ne prenant pas en compte les espèces telles que *Phaeocystis globosa*, perturbant le fonctionnement de l'écosystème marin mais non toxique).

¹² ICES 2015. ICES Special Request Advice - Northeast Atlantic and Arctic Ocean, Book 1.

¹³ Lefebvre A. 2011. La Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM – 2008/56/EU) Caractéristiques du Bon État Écologique (BEE) pour le descripteur 5 lié à l'eutrophisation. Ifremer/RST.LER.BL/11.09. 45p.

¹⁴ GES_17-2017-02, Progress on Art. 8 MSFD assessment guidance.

Tableau 1. Liste des critères primaires et secondaires reprise de la Décision 2017/848/UE. Evolution des critères entre 2010 et 2017. Éléments constituant les différents critères.

Critère <i>Décision (2010)</i>	Evolution du critère	Critère <i>Décision 848 (2017)</i>	Niveau de priorité <i>Décision 848 (2017)</i>	Élément du critère
5.1.1* Concentration en nutriments dans la colonne d'eau	↔	D5C1	Primaire	Concentration en nutriments dans la colonne d'eau
5.2.1** Concentration en chlorophylle dans la colonne d'eau	↔	D5C2	Primaire	Concentration en chlorophylle- <i>a</i> dans la colonne d'eau
5.2.4** Modification des espèces dans la composition de la flore	←	D5C3	Secondaire	Prolifération d'algues toxiques (par exemple cyanobactéries) dans la colonne d'eau.
5.2.2** Transparence de l'eau en liaison avec une augmentation de la quantité d'algues en suspension	↔	D5C4	Secondaire	Limite photique (transparence) de la colonne d'eau.
5.3.2*** Oxygène dissous	↔	D5C5	Primaire	Oxygène dissous au fond de la colonne d'eau.
5.2.3** Abondance d'algues macroscopiques opportunistes	↔	D5C6	Secondaire	Algues macroscopiques opportunistes des habitats benthiques.
5.3.1*** Abondance des algues et herbiers pérennes	↔	D5C7	Secondaire	Communautés de macrophytes (algues et herbiers pérennes) des habitats benthiques.
<i>Non existant dans la version de 2010</i>	→	D5C8	Secondaire	Communautés de macrofaune des habitats benthiques.

Classement en 3 catégories:
(obsolète dans la version de 2017)

* teneurs en nutriments

** effets directs de l'enrichissement en nutriments

*** effets indirects de l'enrichissement en nutriments

↔ peu d'évolution entre 2010 et 2017

← suppression depuis 2010

→ ajout depuis 2010

2.2. Normes méthodologiques définies par la DCSMM

2.2.1. Remarques générales sur le descripteur 5

L'approche DCSMM pour évaluer l'état d'eutrophisation des eaux marines préconise l'utilisation de critères (et des éléments qui les définissent) communs aux différents Etats Membres afin de permettre d'effectuer une évaluation inter-comparable à l'échelle Européenne. La Décision 2017/848/UE préconise notamment l'utilisation des travaux issus de la DCE au niveau des eaux côtières (< 1 mn). Ainsi les métriques, seuils, réseaux de mesures et méthodes d'agrégation/intégration développés dans le cadre de la DCE par la France seront soit utilisés tels quels dans la DCSMM, soit le cas échéant adaptés aux besoins spécifiques de la DCSMM auxquels la DCE ne répond pas (principalement l'extension de l'évaluation au-delà des 1 mn). La Décision 2017/848/UE demande également que l'évaluation du descripteur 5 puisse prendre en compte "l'étendue de la zone d'évaluation dans laquelle les valeurs seuils ont été atteintes pour chaque critère", dans les eaux côtières cette étendue correspond aux masses d'eau DCE, au-delà des eaux côtières "une estimation de l'étendue de la zone [en proportion (pourcentage)] qui n'est pas sujette à eutrophisation (sur la base de l'ensemble des critères utilisés, intégrés selon des règles arrêtées si possible au niveau de l'Union, mais en tous les cas au niveau régional ou sous régional)".

Au niveau régional, les eaux marines françaises ont été découpées en 4 sous-régions marines (SRM) : la Manche-Mer du Nord (MMN), la Mer Celtique (MC), le Golfe de Gascogne (GdG) et la Méditerranée Occidentale (MO) (Figure 3).

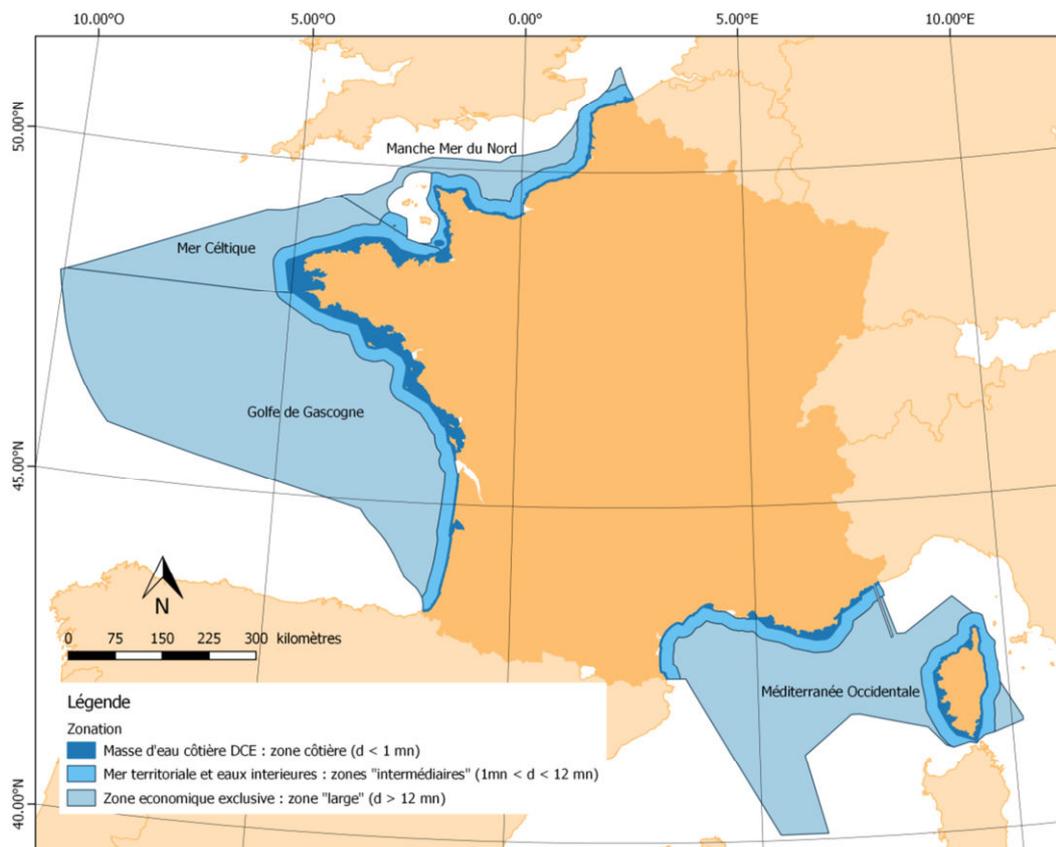


Figure 3. Les différentes sous-régions marines de la métropole française telles que décrites dans la DCSMM, et leur zonation de la côte vers le large.

La directive propose également d'utiliser les travaux et réflexions issus des conventions marines régionales (OSPAR, HELCOM et Barcelone) en complément de la DCE. Seront donc présentés ici les différents critères et leurs normes associées tels que définis dans la DCSMM (2017/848/UE).

2.2.2. Normes concernant le critère « Concentration en nutriments dans la colonne d'eau » (D5C1)

2.2.2.1. Éléments constitutifs

Le critère D5C1 comporte les éléments constitutifs suivants : les substances azotées inorganiques dissoutes (NID = nitrate + nitrite + ammonium), phosphorées inorganiques dissoutes (PID = orthophosphate), l'azote total et le phosphore total présentes dans la colonne d'eau.

C'est un indicateur de pression dont l'unité de mesure est le $\mu\text{mol.l}^{-1}$.

2.2.2.2. Critère

Pour permettre l'atteinte du BEE, les concentrations en nutriments ne doivent pas être à des niveaux indiquant des effets néfastes liés à l'eutrophisation.

Dans les eaux côtières les valeurs seuils sont celles fixées par la DCE. Au-delà des eaux côtières ces valeurs doivent être adaptées mais rester compatibles avec celles établies dans le cadre de la DCE.

2.2.3. Normes concernant le critère « Présence de chlorophylle-*a* dans la colonne d'eau » (D5C2)

2.2.3.1. Éléments constitutifs

Le critère D5C2 comporte l'élément suivant : la concentration en chlorophylle-*a* dans la colonne d'eau qui est un proxy de la communauté phytoplanctonique dans son ensemble. Il est également possible d'utiliser la composition en espèces et l'abondance du phytoplancton.

C'est un indicateur d'impact dont l'unité de mesure est le $\mu\text{g.l}^{-1}$.

2.2.3.2. Critère

Pour permettre l'atteinte du BEE, les concentrations en chlorophylle-*a* ne doivent pas être à des niveaux indiquant des effets néfastes liés à l'eutrophisation.

Dans les eaux côtières les valeurs seuils sont celles fixées par la DCE. Au-delà des eaux côtières ces valeurs doivent être adaptées mais rester compatibles avec celles établies dans le cadre de la DCE.

2.2.4. Normes concernant le critère « Prolifération d'algues toxiques dans la colonne d'eau » (D5C3)

2.2.4.1. Éléments constitutifs

L'élément constitutif du critère D5C3 est la prolifération d'algues toxiques. L'évaluation doit être basée sur l'occurrence et l'amplitude des blooms d'espèces

nuisibles : principalement des espèces appartenant aux genres *Pseudo-nitzschia*, *Dinophysis* ou *Alexandrium* pour les eaux marines françaises.

C'est un indicateur d'impact. Les unités de mesure doivent être la prolifération en nombre d'épisodes, durée en jours et étendue en kilomètres carrés (km²) par an.

2.2.4.2. Critère

Pour permettre l'atteinte du BEE, le nombre, l'étendue spatiale et la durée des proliférations d'algues toxiques ne doit pas être à des niveaux indiquant des effets néfastes liés à l'enrichissement en nutriments.

2.2.5. Normes concernant le critère « La limite photique de la colonne d'eau » (D5C4)

2.2.5.1. Éléments constitutifs

L'élément constitutif du critère D5C4 est la limite photique (transparence) de la colonne d'eau. Celle-ci est évaluée par la turbidité à savoir la perte de lumière résultant de sa traversée.

C'est un indicateur d'impact dont l'unité de mesure doit être le mètre.

2.2.5.2. Critère

Pour permettre l'atteinte du BEE, la limite photique (transparence) de la colonne d'eau ne doit pas être réduite, par une augmentation de la quantité d'algues en suspension, à un niveau indiquant des effets néfastes liés à l'enrichissement en nutriments.

Dans les eaux côtières les valeurs seuils sont celles fixées par la DCE. Au-delà des eaux côtières ces valeurs doivent être adaptées mais rester compatibles avec celles établies dans le cadre de la DCE.

2.2.6. Normes concernant le critère « Concentration en oxygène dissous au fond de la colonne d'eau » (D5C5)

2.2.6.1. Éléments constitutifs

L'élément constitutif du critère D5C5 est la concentration en oxygène dissous au fond de la colonne d'eau.

C'est un indicateur d'impact dont l'unité de mesure est le mg.l⁻¹.

2.2.6.2. Critère

Pour permettre l'atteinte du BEE, la concentration d'oxygène dissous ne doit pas être réduite, sous l'effet de l'enrichissement en nutriments, à des niveaux indiquant des effets néfastes sur les habitats benthiques (y compris sur les biotes et espèces mobiles associés).

Dans les eaux côtières les valeurs seuils sont celles fixées par la DCE. Au-delà des eaux côtières ces valeurs doivent être adaptées mais rester compatibles avec celles établies dans le cadre de la DCE.

2.2.7. Normes concernant le critère « Abondance des algues macroscopiques opportunistes des habitats benthiques » (D5C6)

2.2.7.1. Éléments constitutifs

Les éléments constitutifs sont les macroalgues opportunistes des habitats benthiques à savoir, pour la France, principalement les espèces du genre *Ulva*, mais également du genre *Falkenbergia*, *Cladophora*, *Enteromorpha*, *Solieria* et *Pylaiella*.

C'est un indicateur d'impact. L'unité de mesure doit être le ratio de qualité écologique (RQE) pour l'abondance ou le taux de couverture des algues macroscopiques. Étendue des effets néfastes, en kilomètres carrés (km²) ou en proportion (pourcentage) de la zone d'évaluation.

2.2.7.2. Critère

Pour permettre l'atteinte du BEE, l'abondance d'algues macroscopiques opportunistes ne doit pas être à un niveau indiquant des effets néfastes de l'enrichissement en nutriments.

Dans les eaux côtières les valeurs seuils sont celles fixées par la DCE. Lorsque ce critère est pertinent au-delà des eaux côtières, les valeurs seuils doivent être adaptées mais rester compatibles avec celles établies dans le cadre de la DCE.

2.2.8. Normes concernant le critère « Communautés de macrophytes des habitats benthiques » (D5C7)

2.2.8.1. Éléments constitutifs

Les éléments constitutifs du critère D5C7 sont les communautés benthiques de macrophytes, en particulier les espèces d'algues pérennes recouvrant les ceintures algales sur substrats durs en zones subtidale et intertidale. Des espèces d'angiospermes constituant des herbiers emblématiques des façades maritimes sont également considérées: pour la façade Manche-Atlantique, il s'agit de *Zostera marina* et de *Zostera noltei* ; pour la façade Méditerranéenne, il s'agit de *Posidonia oceanica*.

C'est un indicateur d'impact. L'unité de mesure doit être le RQE pour les évaluations de la composition en espèces et de l'abondance relative ou pour la profondeur maximale de développement des macrophytes. Étendue des effets néfastes, en kilomètres carrés (km²) ou en proportion (pourcentage) de la zone d'évaluation.

2.2.8.2. Critère

Pour permettre l'atteinte du BEE, la composition en espèces et l'abondance relative ou la répartition en profondeur des communautés de macrophytes doivent atteindre des valeurs indiquant une absence d'effets néfastes dus à l'enrichissement en nutriments, y compris par la réduction de la transparence des eaux.

Dans les eaux côtières les valeurs seuils sont celles fixées par la DCE. Lorsque ce critère est pertinent au-delà des eaux côtières, les valeurs seuils doivent être adaptées mais rester compatibles avec celles établies dans le cadre de la DCE.

2.2.9. Normes concernant le critère « Communautés de macrofaune des habitats benthiques » (D5C8)

2.2.9.1. *Éléments constitutifs*

Les éléments constitutifs du critère D5C8 sont les communautés de la macrofaune benthique qui sont évaluées à travers l'inventaire des espèces benthiques sensibles à l'excès en matière organique dans le substrat résultant d'apports excessifs en nutriments.

C'est un indicateur d'impact. L'unité de mesure doit être le RQE pour les évaluations de la composition en espèces et de l'abondance relative. Étendue des effets néfastes, en kilomètres carrés (km²) ou en proportion (pourcentage) de la zone d'évaluation.

2.2.9.2. *Critère*

Pour permettre l'atteinte du BEE, la composition en espèces et l'abondance relative des communautés de macrofaune doivent atteindre des valeurs indiquant une absence d'effets néfastes dus à l'enrichissement en nutriments et matières organiques.

Dans les eaux côtières les valeurs seuils sont celles fixées par la DCE. Au-delà des eaux côtières ces valeurs doivent être adaptées mais rester compatible avec celles établies dans le cadre de la DCE.

3. Matériels et méthodes

3.1. Unités Marines de Rapportage

Les unités marines de rapportage (MRU) sont ici les sous-régions marines MMN, MC, GdG et MO. Leur superficie est respectivement de 28 348 km², 43 464 km², 188 124 km² et 111 112 km² (Tableau 2) soit 7,6 %, 11,7 %, 50,7 % et 30 % de l'ensemble des SRMs métropolitaines.

Un sous-découpage des MRU a néanmoins été effectué pour prendre en compte le phénomène de dilution du processus d'eutrophisation de la côte vers le large, et pour faciliter l'évaluation (Figure 3 et Tableau 2) :

-Un premier découpage a été réalisé à une distance de 1 mn de la ligne de base, ce qui correspond à la limite d'extension dans le cadre de la DCE. Dans cette zone de faible profondeur qui reçoit directement les apports continentaux en nutriments, le processus d'eutrophisation s'exprime pleinement.

-Un deuxième découpage a été réalisé à une distance de 12 mn de la ligne de base, ce qui correspond à la limite de la mer territoriale (Figure 4), définissant une zone "intermédiaire" entre 1 mn et 12 mn. Le processus d'eutrophisation s'y exprime encore mais avec des effets de moindres ampleurs de la côte vers le large. Cependant, dans certains cas, il peut rester marqué, notamment pour des zones fortement stratifiées ou proches de grands estuaires ou avec un fort taux de rétention des masses d'eau. Cet espace correspond également à la zone d'évaluation des contaminants chimiques dans le cadre de la DCE ainsi qu'à la limite de la mer territoriale française.

-Un troisième et dernier découpage a été réalisé à la limite d'extension de la zone économique exclusive (ZEE) des eaux marines françaises (Figure 4), définissant une zone "large" entre 12 mn et la ZEE (qui s'étend jusqu'à un maximum de 200 mn de la ligne de base). La dilution des concentrations en nutriments y est encore plus importante et les effets de l'eutrophisation sont en conséquence supposés être moins marqués.

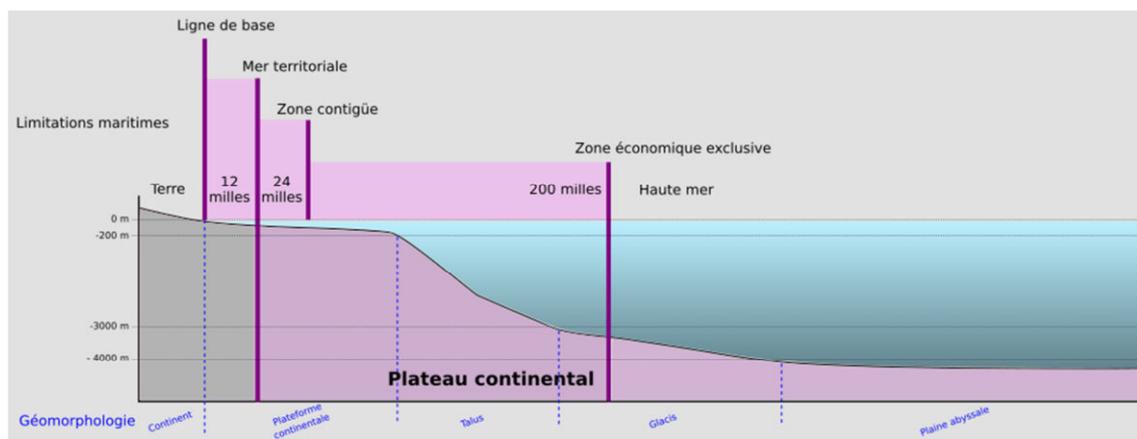


Figure 4. Délimitations des zones maritimes en lien avec le découpage des unités marines de rapportage. Les distances à la côte sont définies par rapport à la ligne de base. Les 12 milles nautiques de la limite de la zone intermédiaire correspondent à la limite de la mer territoriale et la zone large (au-delà des 12 mn) correspond à la zone économique exclusive (ZEE). Source: Sextant.

Tableau 2. Superficie (km²) des différentes grandes zones géographiques des SRM métropolitaines. Entre parenthèses le pourcentage de représentativité de la zone dans la SRM. d = distance à la ligne de base.

	Superficie (km ²)			SRM
	Zone côtière d < 1 mn	Zone intermédiaire 1 mn < d < 12 mn	Zone large d > 12 mn	
Manche-Mer du Nord	2 417 (9%)	11 886 (42%)	14 045 (50%)	28 348
Mer Celtique	4 873 (11%)	6 705 (15%)	31 886 (73%)	43 464
Golfe de Gascogne	8 132 (4%)	14 135 (8%)	165 857 (88%)	188 124
Méditerranée Orientale	4 631 (4%)	19 757 (18%)	86 668 (78%)	111 050
Total	20 054 (5%)	52 545 (14%)	298 450 (80%)	371 048

3.2. Unité Géographique d'Évaluation

Les unités géographiques d'évaluation (UGE) définies pour évaluer le descripteur 5 dans les SRM sont réparties en 3 groupes selon la distance à la ligne de base de la côte (d) :

- En zone côtière (d < 1 mn)

Jusqu'à la ligne de 1 mn, les UGE sont les masses d'eau côtière de la DCE (MEC) (Figure 5A,B,C et D). Ce choix est en accord avec les prérogatives de la DCSMM qui demande une évaluation du descripteur 5 la plus compatible possible avec les méthodes développées dans le cadre de la DCE en zone côtière (Décision 2017/848/UE).

Pour la SRM MMN, il y a 24 MEC représentant 2 417 km², soit 9 % de la superficie totale de la SRM (Tableau 2 et Tableau 3).

Pour la SRM MC, il y a 15 MEC représentant 4 873 km², soit 11 % de la superficie totale de la SRM (Tableau 2 et Tableau 4).

Pour la SRM GdG, il y a 34 MEC représentant 8 631 km², soit 4 % de la superficie totale de la SRM (Tableau 2 et Tableau 5).

Pour la SRM MO, il y a 46 MEC représentant 4 631 km², soit 4 % de la superficie totale de la SRM (Tableau 2 et Tableau 6).

Tableau 3. Liste des 24 masses d'eau côtières DCE de la SRM MMN, leurs identifiants, leur écotype européen correspondant et leur taille, formant les UGE du descripteur 5 pour la bande côtière ($d < 1$ mn).

Identifiant INSPIRE	Zone	Id. thématique	Nom de la MEC	Ecotypes	Taille
AC01	FRA	FRAC01	Frontière belge à jetée de Malo	NEA 1/26b	65,95 km ²
AC02	FRA	FRAC02	Jetée de Malo à Est cap Griz nez	NEA 1/26b	144,15 km ²
AC03	FRA	FRAC03	Cap Griz nez à Slack	NEA 1/26b	25,23 km ²
AC04	FRA	FRAC04	Slack à la Warenne	NEA 1/26b	36 km ²
AC05	FRA	FRAC05	La Warenne à Ault	NEA 1/26b	234,18 km ²
HC01	FRH	FRHC01	Archipel Chausey	NEA 1/26a	106,13 km ²
HC02	FRH	FRHC02	Baie du Mont Saint Michel centre baie	NEA 1/26a	330,72 km ²
HC03	FRH	FRHC03	Ouest Cotentin	NEA 1/26a	323,13 km ²
HC04	FRH	FRHC04	Cap de Carteret Cap de la Hague	NEA 1/26a	168,77 km ²
HC05	FRH	FRHC05	Cap de la Hague Nord	NEA 1/26a	51,07 km ²
HC07	FRH	FRHC07	Cap Levy Gatteville	NEA 1/26a	45,05 km ²
HC08	FRH	FRHC08	Barfleur	NEA 1/26a	31,96 km ²
HC09	FRH	FRHC09	Anse de Saint Vaast la Hougue	NEA 1/26a	131,91 km ²
HC10	FRH	FRHC10	Baie des Veys	NEA 1/26a	117,55 km ²
HC11	FRH	FRHC11	Cote du Bessin	NEA 1/26a	59,07 km ²
HC12	FRH	FRHC12	Cote de Nacre Ouest	NEA 1/26a	45 km ²
HC13	FRH	FRHC13	Cote de Nacre Est	NEA 1/26a	40,05 km ²
HC14	FRH	FRHC14	Baie de Caen	NEA 1/26a	39,62 km ²
HC15	FRH	FRHC15	Cote Fleurie	NEA 1/26a	51,33 km ²
HC16	FRH	FRHC16	Le Havre Antifer	NEA 1/26a	57,12 km ²
HC17	FRH	FRHC17	Pays de Caux Sud	NEA 1/26a	132,16 km ²
HC18	FRH	FRHC18	Pays de Caux Nord	NEA 1/26a	100,36 km ²
HC60	FRH	FRHC60	Rade de Cherbourg	NEA 1/26a	64,71 km ²
HC61	FRH	FRHC61	Cherbourg interieur Grande rade	NEA 1/26a	15,95 km ²

Tableau 4. Liste des 15 masses d'eau côtière DCE de la SRM MC, leurs identifiants, leur écotype correspondant et leur taille, formant les UGE du descripteur 5 pour la bande côtière ($d < 1$ mn).

Identifiant INSPIRE	Zone	Id. thématique	Nom de la MEC	Ecotype	Taille
GC01	FRG	FRGC01	Baie du Mont-Saint-Michel	NEA 1/26a	127,79 km ²
GC03	FRG	FRGC03	Rance - Fresnaye	NEA 1/26a	255,07 km ²
GC05	FRG	FRGC05	Fond Baie de Saint-Brieuc	NEA 1/26a	265,65 km ²
GC06	FRG	FRGC06	Saint-Brieuc (large)	NEA 1/26a	530,51 km ²
GC07	FRG	FRGC07	Paimpol - Perros-Guirec	NEA 1/26a	373,21 km ²
GC08	FRG	FRGC08	Perros-Guirec (large)	NEA 1/26a	219,41 km ²
GC09	FRG	FRGC09	Perros-Guirec - Morlaix (large)	NEA 1/26a	242,87 km ²
GC10	FRG	FRGC10	Baie de Lannion	NEA 1/26a	38,35 km ²
GC11	FRG	FRGC11	Baie de Morlaix	NEA 1/26a	45,27 km ²
GC12	FRG	FRGC12	Léon- Trégor (large)	NEA 1/26a	434,61 km ²
GC13	FRG	FRGC13	Les Abers (large)	NEA 1/26a	185,66 km ²
GC16	FRG	FRGC16	Rade de Brest	NEA 1/26a	217,97 km ²
GC17	FRG	FRGC17	Iroise - Camaret	NEA 1/26a	373,13 km ²
GC18	FRG	FRGC18	Iroise (large)	NEA 1/26a	1320,54 km ²
GC20	FRG	FRGC20	Baie de Douarnenez	NEA 1/26a	243,3 km ²

Tableau 5. Liste des 34 masses d'eau côtière DCE de la SRM GdG, leurs identifiants, leur écotype correspondant et leur taille, formant les UGE du descripteur 5 pour la bande côtière ($d < 1$ mn).

Identifiant INSPIRE	Zone	Id. thématique	Nom de la MEC	Ecotype	Taille
GC24	FRG	FRGC24	Audierne (large)	NEA 1/26a	478,79 km ²
GC26	FRG	FRGC26	Baie d'Audierne	NEA 1/26a	236,58 km ²
GC28	FRG	FRGC28	Concarneau (large)	NEA 1/26a	626,1 km ²
GC29	FRG	FRGC29	Baie de Concarneau	NEA 1/26a	72,87 km ²
GC32	FRG	FRGC32	Laïta - Pouldu	NEA 1/26a	84,02 km ²
GC33	FRG	FRGC33	Laïta (large)	NEA 1/26a	155,98 km ²
GC34	FRG	FRGC34	Lorient - Groix	NEA 1/26a	137,54 km ²
GC35	FRG	FRGC35	Baie d'Etel	NEA 1/26a	219,7 km ²
GC36	FRG	FRGC36	Baie de Quiberon	NEA 1/26a	103,68 km ²
GC37	FRG	FRGC37	Groix (large)	NEA 1/26a	161,62 km ²
GC38	FRG	FRGC38	Golfe du Morbihan (large)	NEA 1/26a	335,73 km ²
GC39	FRG	FRGC39	Golfe du Morbihan	NEA 1/26a	103,71 km ²
GC42	FRG	FRGC42	Belle-Ile	NEA 1/26a	494,88 km ²
GC44	FRG	FRGC44	Baie de Vilaine (côte)	NEA 1/26a	152,73 km ²
GC45	FRG	FRGC45	Baie de Vilaine (large)	NEA 1/26a	538,92 km ²
GC46	FRG	FRGC46	Loire (large)	NEA 1/26a	428,38 km ²
GC47	FRG	FRGC47	Ile d'Yeu	NEA 1/26a	390,39 km ²
GC48	FRG	FRGC48	Baie de Bourgneuf	NEA 1/26a	336,21 km ²
GC49	FRG	FRGC49	La Barre-de-Monts	NEA 1/26a	305,09 km ²
GC50	FRG	FRGC50	Nord Sables-d'Olonne	NEA 1/26a	527,85 km ²
GC51	FRG	FRGC51	Sud Sables-d'Olonne	NEA 1/26a	233,73 km ²
GC52	FRG	FRGC52	Ile de Ré (large)	NEA 1/26a	303,65 km ²
GC53	FRG	FRGC53	Pertuis Breton	NEA 1/26a	325,26 km ²
GC54	FRG	FRGC54	La Rochelle	NEA 1/26a	234,52 km ²
FC01	FRF	FRFC01	Côte Nord-Est de l'Ile d'Oléron	NEA 1/26a	64,93 km ²
FC02	FRF	FRFC02	Pertuis Charentais	NEA 1/26a	210,38 km ²
FC03	FRF	FRFC03	Côte Ouest de l'Ile d'Oleron	NEA 1/26a	157,55 km ²
FC05	FRF	FRFC05	Côte Girondine	NEA 1/26a	205,24 km ²
FC06	FRF	FRFC06	Arcachon amont	NEA 1/26a	148,38 km ²
FC07	FRF	FRFC07	Arcachon aval	NEA 1/26a	66,02 km ²
FC08	FRF	FRFC08	Côte Landaise	NEA 1/26a	216,71 km ²
FC09	FRF	FRFC09	Lac d'Hossegor	NEA 1/26a	1,08 km ²
FC10	FRF	FRFC10	Panache de l'Adour	NEA 1/26a	19,87 km ²
FC11	FRF	FRFC11	Côte Basque	NEA 1/26a	54,08 km ²

Tableau 6. Liste des 46 masses d'eau côtière DCE de la SRM MO, leurs identifiants et leur taille, formant les UGE du descripteur 5 pour la bande côtière ($d < 1$ mn).

Identifiant INSPIRE	Zone	Id. thématique	Nom de la MEC	Ecotypes	Taille
DC01	FRD	FRDC01	Frontière espagnole - Racou Plage	3W	37,23 km ²
DC02A	FRD	FRDC02A	Racou Plage - Embouchure de l'Aude	2A	152,14 km ²
DC02B	FRD	FRDC02B	Embouchure de l'Aude - Cap d'Agde	2A	41,87 km ²
DC02C	FRD	FRDC02C	Cap d'Agde	2A	15,81 km ²
DC02D	FRD	FRDC02D	Limite Cap d'Agde - Sète	2A	26,95 km ²
DC02E	FRD	FRDC02E	De Sète à Frontignan	2A	17,63 km ²
DC02F	FRD	FRDC02F	Frontignan - Pointe de l'Espiguette	2A	138,86 km ²
DC04	FRD	FRDC04	Golfe de Fos	1	147,16 km ²
DC05	FRD	FRDC05	Côte Bleue	2A	137,4 km ²
DC06A	FRD	FRDC06A	Petite Rade de Marseille	3W	31,48 km ²
DC06B	FRD	FRDC06B	Pointe d'Endoume - Cap Croisette et îles du Frioul	3W	140,52 km ²
DC07A	FRD	FRDC07A	îles de Marseille hors Frioul	3W	21,33 km ²
DC07B	FRD	FRDC07B	Cap croisette - Bec de l'Aigle	3W	140,93 km ²
DC07C	FRD	FRDC07C	Bec de l'Aigle - Pointe de la Fauconnière	3W	55,3 km ²
DC07D	FRD	FRDC07D	Pointe de la Fauconnière - îlot Pierreplane	3W	27,69 km ²
DC07E	FRD	FRDC07E	Ilot Pierreplane - Pointe du Gaou	3W	56,83 km ²
DC07F	FRD	FRDC07F	Pointe du Gaou - Pointe Escampobariou	3W	169,76 km ²
DC07G	FRD	FRDC07G	Cap Cepet - Cap de Carqueiranne	3W	35,47 km ²
DC07H	FRD	FRDC07H	Ile d'Hyères	3W	355,05 km ²
DC07I	FRD	FRDC07I	Cap de l'Estérel - Cap de Brégançon	3W	76,89 km ²
DC07J	FRD	FRDC07J	Cap Bénat - Cap Camarat	3W	211,22 km ²
DC08A	FRD	FRDC08A	Cap Camarat - Ouest Fréjus	3W	85,17 km ²
DC08B	FRD	FRDC08B	Ouest Fréjus - Saint Raphaël	3W	26,61 km ²
DC08C	FRD	FRDC08C	Fréjus - Saint Raphaël - Ouest Sainte Maxime	3W	31,62 km ²
DC08D	FRD	FRDC08D	Saint Raphaël - Pointe de la Galère	3W	70,35 km ²
DC08E	FRD	FRDC08E	Pointe de la Galère - Cap d'Antibes	3W	108,05 km ²
DC09A	FRD	FRDC09A	Cap d'Antibes - Sud port Antibes	3W	6,69 km ²
DC09B	FRD	FRDC09B	Port Antibes - Port de commerce de Nice	3W	93,06 km ²
DC09C	FRD	FRDC09C	Port de commerce de Nice - Cap Ferrat	3W	11,53 km ²
DC09D	FRD	FRDC09D	Rade de Villefranche	3W	1,76 km ²
DC10A	FRD	FRDC10A	Cap Ferrat - Cap d'Ail	3W	29,73 km ²
DC10C	FRD	FRDC10C	Monte Carlo- Frontière italienne	3W	20,47 km ²
EC01AB	FRE	FREC01AB	Pointe Palazzu - Sud Nonza	IM W	301,71 km ²
EC01C	FRE	FREC01C	Golfe de Saint-Florent	IM W	29,27 km ²
EC01D	FRE	FREC01D	Canari	IM W	43,68 km ²
EC01E	FRE	FREC01E	Cap Ouest	IM W	48,01 km ²
EC02AB	FRE	FREC02AB	Cap Est de la Corse	IM W	74,62 km ²
EC02C	FRE	FREC02C	Littoral Bastiais	IM W	50,06 km ²
EC02D	FRE	FREC02D	Plaine Orientale	IM W	177,33 km ²
EC03AD	FRE	FREC03AD	Littoral Sud Est de la Corse	IM W	248,87 km ²
EC03B	FRE	FREC03B	Golfe de Porto-Vecchio	IM W	11,51 km ²
EC03C	FRE	FREC03C	Golfe de Santa Amanza	IM W	3,29 km ²
EC03EG	FRE	FREC03EG	Littoral Sud Ouest de la Corse	IM W	231,79 km ²
EC03F	FRE	FREC03F	Goulet de Bonifacio	IM W	0,29 km ²
EC04AC	FRE	FREC04AC	Pointe Senetosa - Pointe Palazzu	IM W	727,6 km ²
EC04B	FRE	FREC04B	Golfe d'Ajaccio	IM W	160,62 km ²

- En zone intermédiaire (mer territoriale, $1 \text{ mn} < d < 12 \text{ mn}$)

Dans la zone intermédiaire, les UGE choisies sont des mailles représentant des carrés d'une taille de $1/20^\circ$ de côté, ce qui correspond à une superficie d'environ 20 km^2 . Du fait du découpage de la SRM, certaines de ces mailles sont donc incomplètes (Figure 5A, B, C et D).

Pour la SRM MMN, cette zone intermédiaire représente environ $11\,900 \text{ km}^2$, soit 42% de la superficie totale de la SRM (Tableau 2).

Pour la SRM MC, cette zone intermédiaire représente environ $6\,705 \text{ km}^2$, soit 15% de la superficie totale de la SRM (Tableau 2).

Pour la SRM GdG, cette zone intermédiaire représente environ $14\,135 \text{ km}^2$, soit 8% de la superficie totale de la SRM (Tableau 2).

Pour la SRM MO, cette zone intermédiaire représente environ $19\,757 \text{ km}^2$, soit 18% de la superficie totale de la SRM (Tableau 2).

- Au large ($12 \text{ mn} < d < 200 \text{ mn}$)

Dans la zone large, les UGE choisies sont également des mailles d'une plus grande taille que pour la zone intermédiaire (en raison de l'effet de dilution). Les mailles ont une taille de $1/5^\circ$ de côté, ce qui représente une superficie d'environ 550 km^2 . Encore une fois, du fait du découpage de la SRM, certaines de ces mailles sont incomplètes (Figure 5A, B, C et D).

Pour la SRM MMN, la zone au large représente environ $14\,000 \text{ km}^2$, soit 50% de la superficie totale de la SRM (Tableau 2).

Pour la SRM MC, la zone au large représente environ $31\,886 \text{ km}^2$, soit 73% de la superficie totale de la SRM (Tableau 2).

Pour la SRM GdG, la zone au large représente environ $165\,857 \text{ km}^2$, soit 88% de la superficie totale de la SRM (Tableau 2).

Pour la SRM MO, la zone au large représente environ $86\,668 \text{ km}^2$, soit 78% de la superficie totale de la SRM (Tableau 2).

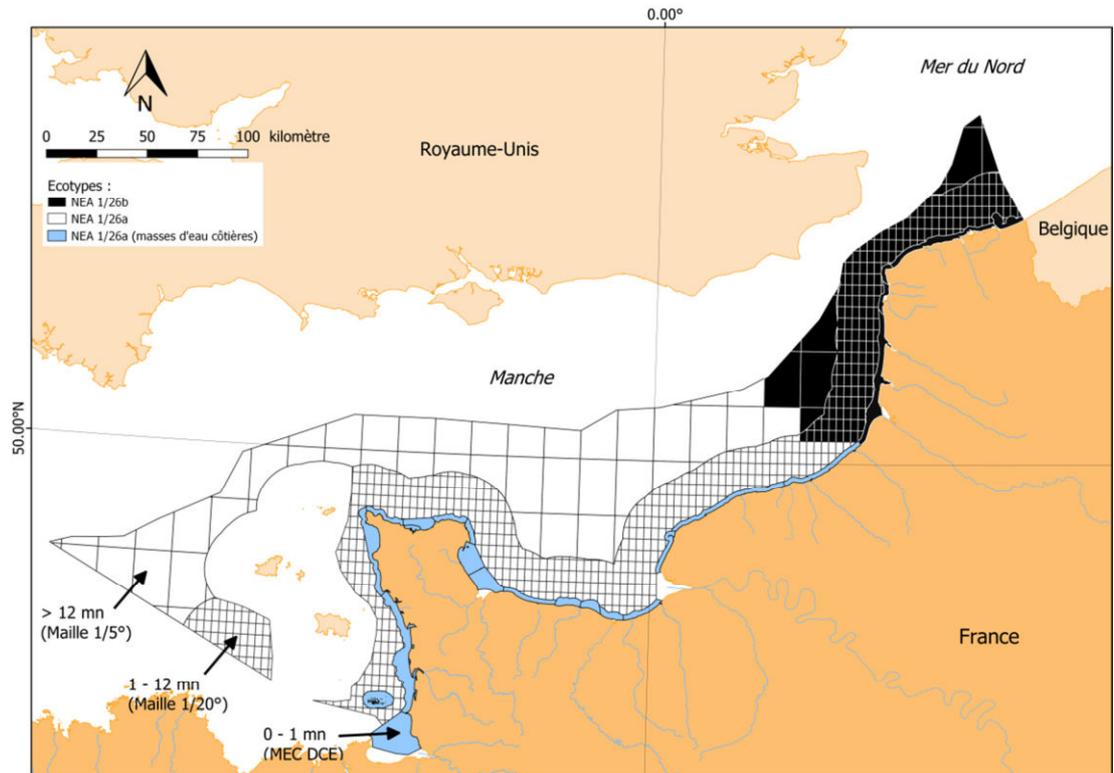


Figure 5A. UGE représentées à l'échelle de la SRM MMN. Masses d'eau DCE ($d < 1$ mn) appartenant à l'écotype NEA 1/26a en bleu et en noir pour l'écotype NEA 1/26b. Masses d'eau intermédiaires ($1/20^\circ$) et du large ($1/5^\circ$) en noir pour l'extension de l'écotype NEA 1/26b et en blanc pour l'extension de l'écotype NEA 1/26a vers le large. Sources: Ifremer, DEB.

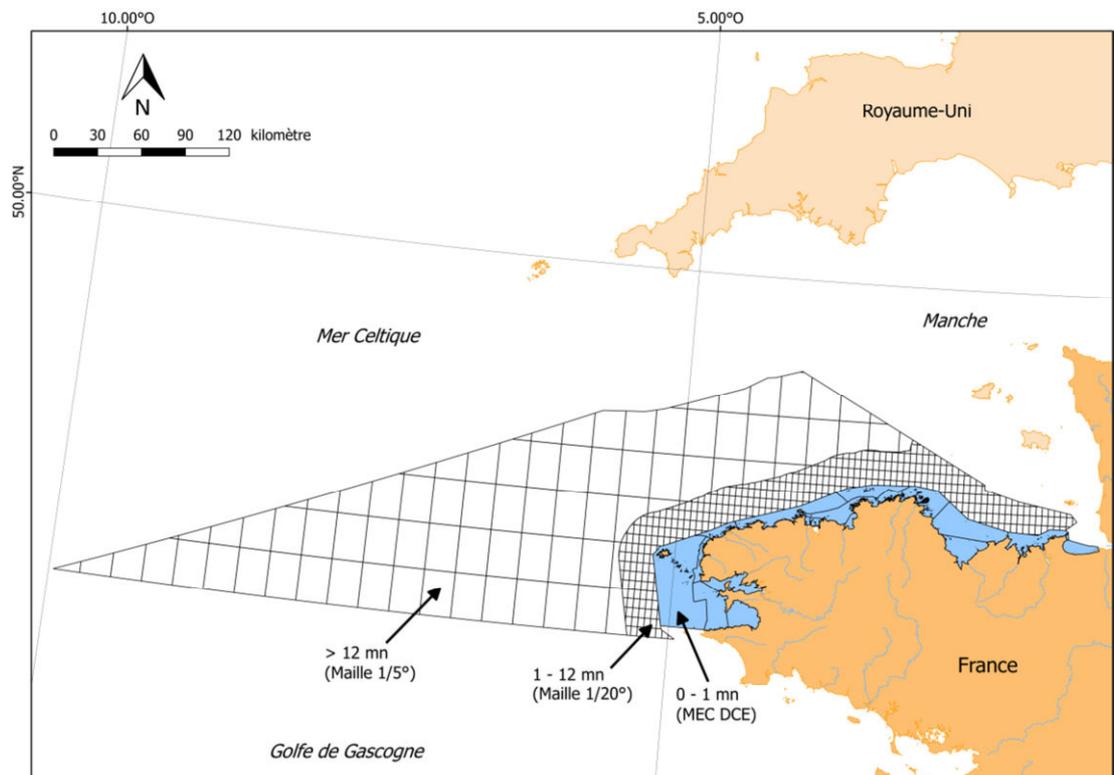


Figure 5B. UGE représentées à l'échelle de la SRM MC. Masses d'eau DCE en bleu ($d < 1$ mn). Masses d'eau intermédiaires ($1/20^\circ$) et du large ($1/5^\circ$). Sources: Ifremer, DEB.

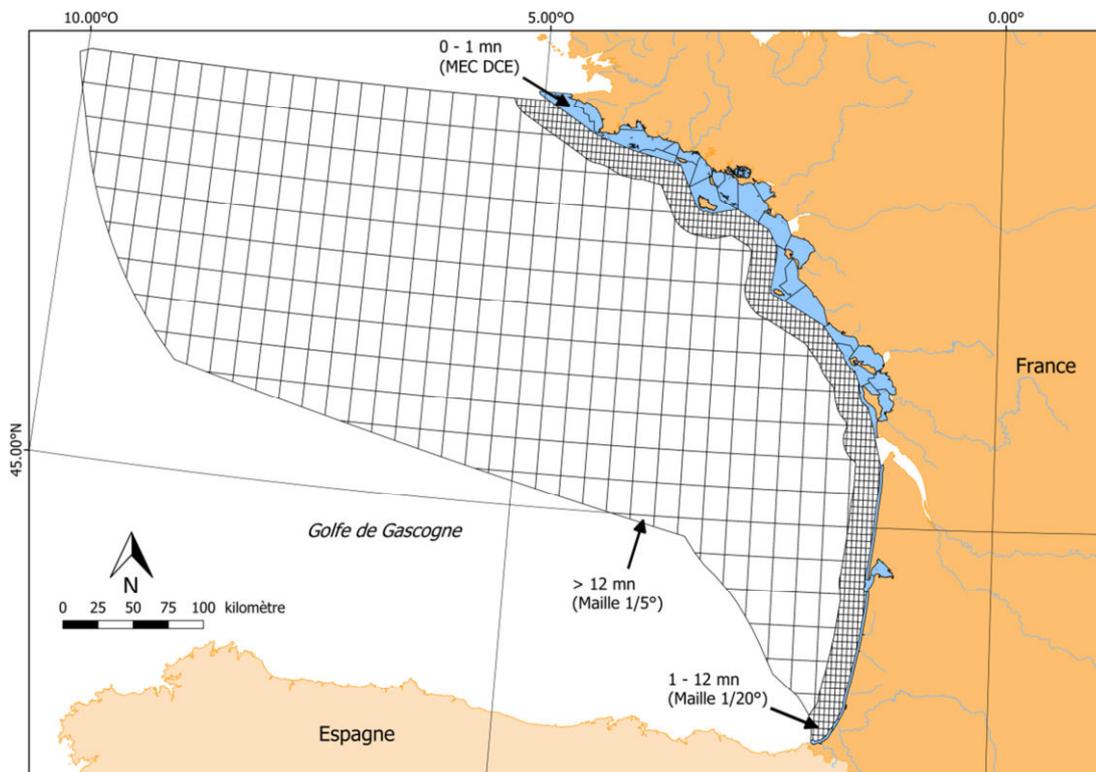


Figure 5C. UGE représentées à l'échelle de la SRM GdG. Masses d'eau DCE en bleu ($d < 1$ mn). Masses d'eau intermédiaires ($1/20^\circ$) et du large ($1/5^\circ$). Sources: Ifremer, DEB.

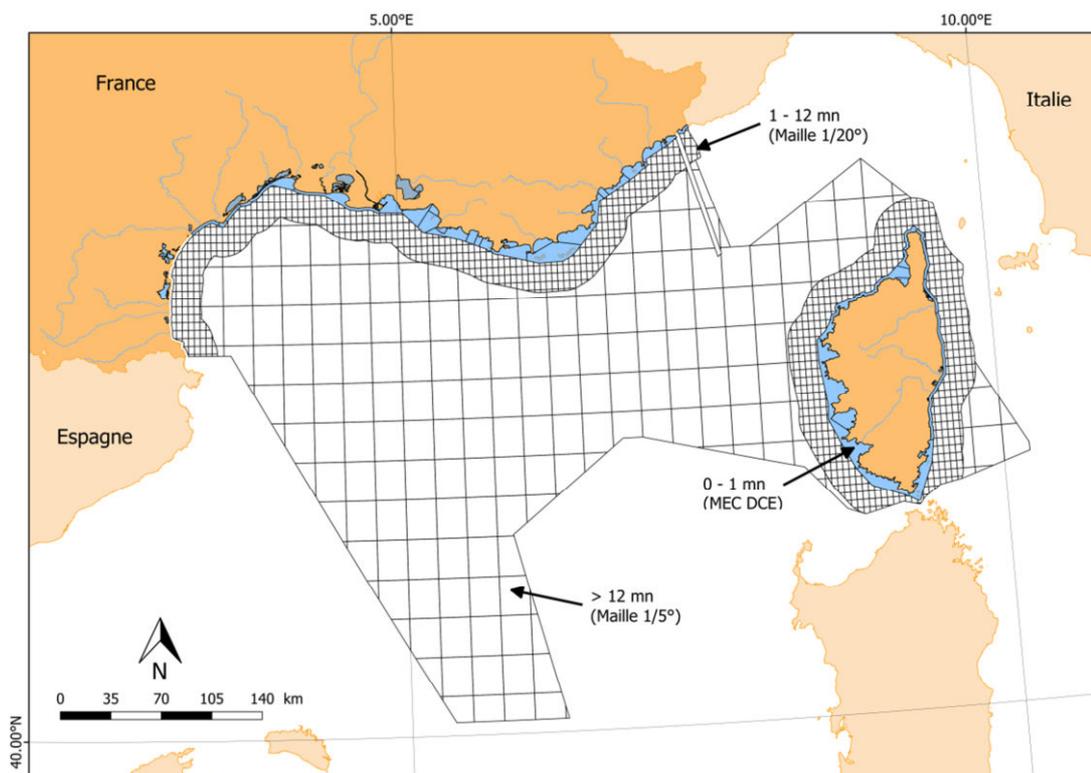


Figure 5D. UGE représentées à l'échelle de la SRM MO. Masses d'eau DCE en bleu ($d < 1$ mn). Masses d'eau intermédiaires ($1/20^\circ$) et du large ($1/5^\circ$). Sources: Ifremer, DEB.

3.3. Évaluation quantitative du BEE

3.3.1. Critère D5C1 : Concentration en nutriments dans la colonne d'eau

3.3.1.1. Réseaux de mesure et méthodologie

- En zone côtière :

Les concentrations en NID utilisées pour l'évaluation à la côte (< 1 mn) sont mesurées une fois par mois, de novembre à février sur la façade Manche-Atlantique et tous les mois en méditerranée, à marée haute, 1 m sous la surface. Les mesures sont effectuées par le biais du réseau REPHY de l'Ifremer comprenant les réseaux régionaux : le SRN (Suivi Régional des Nutriments) dans la SRM MMN, ARCHYD (Hydrologie dans le Bassin d'Arcachon) dans la SRM GdG, RLM (Réseau Littoral Méditerranéen) dans la SRM MO et également du RHLN (Réseau Hydrologique Littoral Normand) dans la SRM MMN. Les PID sont également mesuré selon le même protocole, mais par faute de consensus sur un seuil pertinent ils ne seront pas utilisés dans l'évaluation en zone côtière.

La mesure des concentrations en nutriments se fait par lecture à l'auto-analyseur avec une relation Densité Optique (DO) / concentration selon une courbe de calibration réalisée à chaque série de mesures. Le dosage de l'ammonium est effectué selon la méthode de Koroleff (1969)¹⁵. Ce dosage permet de déterminer la totalité de l'azote ammoniacal. Le dosage des nitrates (après leur réduction en ions nitrites) et des nitrites se fait par la méthode de Bendschneider et Robinson (1952)¹⁶. Pour un supplément d'information concernant ces méthodes se reporter au manuel Aminot et Kerouel (2004)¹⁷.

- En zones intermédiaire et large :

Pour les zones intermédiaire et large les données nutriments sont issues du modèle hydrodynamique MARS3D¹⁸ couplé à un module de biologie, ECO-MARS3D pour la partie Atlantique-Manche Mer du Nord. Le fonctionnement du modèle est détaillé sur la page dédiée : <http://wwz.ifremer.fr/mars3d/>. Pour la sous-région marine Méditerranée Occidentale, les données proviennent du modèle biogéochimique 3DVAR-OGSTM-BFM associé au modèle hydrodynamique Med-Currents. Une fiche de synthèse sur le fonctionnement du modèle ainsi qu'une liste de références scientifiques sur son utilisation peuvent être trouvées à cette adresse : http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=MEDSEA_REANALYSIS_BIO_006_008.

¹⁵ Koroleff F. 1969. Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. Int. Cons. Explor. Sea, C9, 1-6.

¹⁶ Bendschneider K. et Robinson R.J. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. J. Mar. Res., 11, 87-96.

¹⁷ Aminot A et Kerouel P. 2004. Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. Ifremer. 336p.

¹⁸ <http://wwz.ifremer.fr/mars3d/>

La concentration en nitrites n'étant pas estimée par les modèles hydrobiogéochimiques dont nous utilisons les données pour l'évaluation, il n'y a pas de données pour calculer l'intégralité des NID au large. Les données ammonium ne sont également pas disponibles pour la SRM MO ; ainsi, par souci d'harmonisation de l'approche avec les autres SRM, les données ammonium n'ont pas été utilisées. En se basant sur des séries de données à long terme issues du réseau REPHY, la concentration en nitrites ne représente que ~3 % et l'ammonium ~14,5 % des NID, le reste étant représenté par les nitrates. Leur absence de considération pour l'évaluation aura donc un impact minime sur l'évaluation. Ainsi l'évaluation du critère D5C1 en zones intermédiaire et large est basée sur les données nitrates et PID issues des modèles mentionnés.

Les détails de l'utilisation des produits issus des images satellites et des modèles seront donnés dans le chapitre 3.4.

3.3.1.2. Métrique

A la côte le critère D5C1 sera renseigné par l'indicateur « NID33 » dont la métrique est la concentration en NID (nitrate + nitrite + ammonium) normalisée à une salinité de 33 par masses d'eau DCE pour la période considérée (2010-2015).

Pour les zones large et intermédiaire, la métrique est la médiane de la concentration en nitrate et en phosphate inorganique dissous (PID) par maille (Figure 5A, B, C et D) pour une partie de la période considérée (2012-2016).

Le résultat du calcul de la métrique est ensuite confronté à une valeur seuil pour déterminer l'atteinte ou non du BEE dans l'UGE considéré.

3.3.1.3. Méthode fixation du seuil

La méthode de construction du seuil NID à la côte étant celle qui a été déterminée dans le cadre de la DCE, les différentes étapes de sa construction détaillées ici ont été reprises du rapport DCE sur l'élément de qualité nutriment¹⁹. Ainsi, pour déterminer une valeur seuil de NID, le calcul a été basé sur des données historiques acquises dans le cadre des réseaux de surveillance ARCHYD, RNO et RHLN (le suivi DCE a débuté au plus tôt à l'automne 2007). Les trois écotypes disposant d'une série de données conséquente sur la période 2003 – 2008 sont : l'estuaire de la Seine (Seine Est), l'estuaire de la Loire et le bassin d'Arcachon. La première étape de la recherche de seuils de NID a consisté à tracer les droites de dilution NID = f(salinité) pour chacun de ces 3 écotypes « témoins ». En utilisant la pente de ces droites de dilution, la concentration de NID de chacun des 3 écotypes « témoins » a été normalisée à 33 de salinité (Figure 6).

La concentration en nutriments étant considérée comme une pression sur l'écosystème, et non comme un paramètre ayant un effet direct sur le milieu, la deuxième étape de la détermination de seuils de NID a consisté à relativiser la concentration de NID par rapport au fonctionnement propre de chaque écotype. La prise en compte de paramètres hydrodynamiques et physiques (courant résiduel, stratification de la colonne d'eau, marnage, profondeur, *etc.*) étant complexe, la concentration normalisée à 33 de salinité en NID a été relativisée par rapport à un symptôme primaire d'eutrophisation : l'augmentation de la biomasse phytoplanctonique estimée par la chlorophylle-*a*.

¹⁹ Daniel A et Soudant D. 2010. Evaluation DCE Mai 2010. Élément de qualité : nutriments. Rapport DYNECO/PELAGOS/10.03. 100p.

Les concentrations de NID normalisées des 3 écotypes « témoins » ont été associées aux percentiles 90 de chlorophylle normalisés sous forme de Ratio de Qualité Ecologique (RQE)²⁰. Ces RQE de chlorophylle ont été calculés à partir de l'ensemble des valeurs de chlorophylle de l'écotype mesurées entre mars et octobre sur les 6 ans du plan de gestion (Figure 6), suivant les recommandations du rapport d'évaluation de l'élément phytoplancton (Soudant et Belin, 2010)²¹.

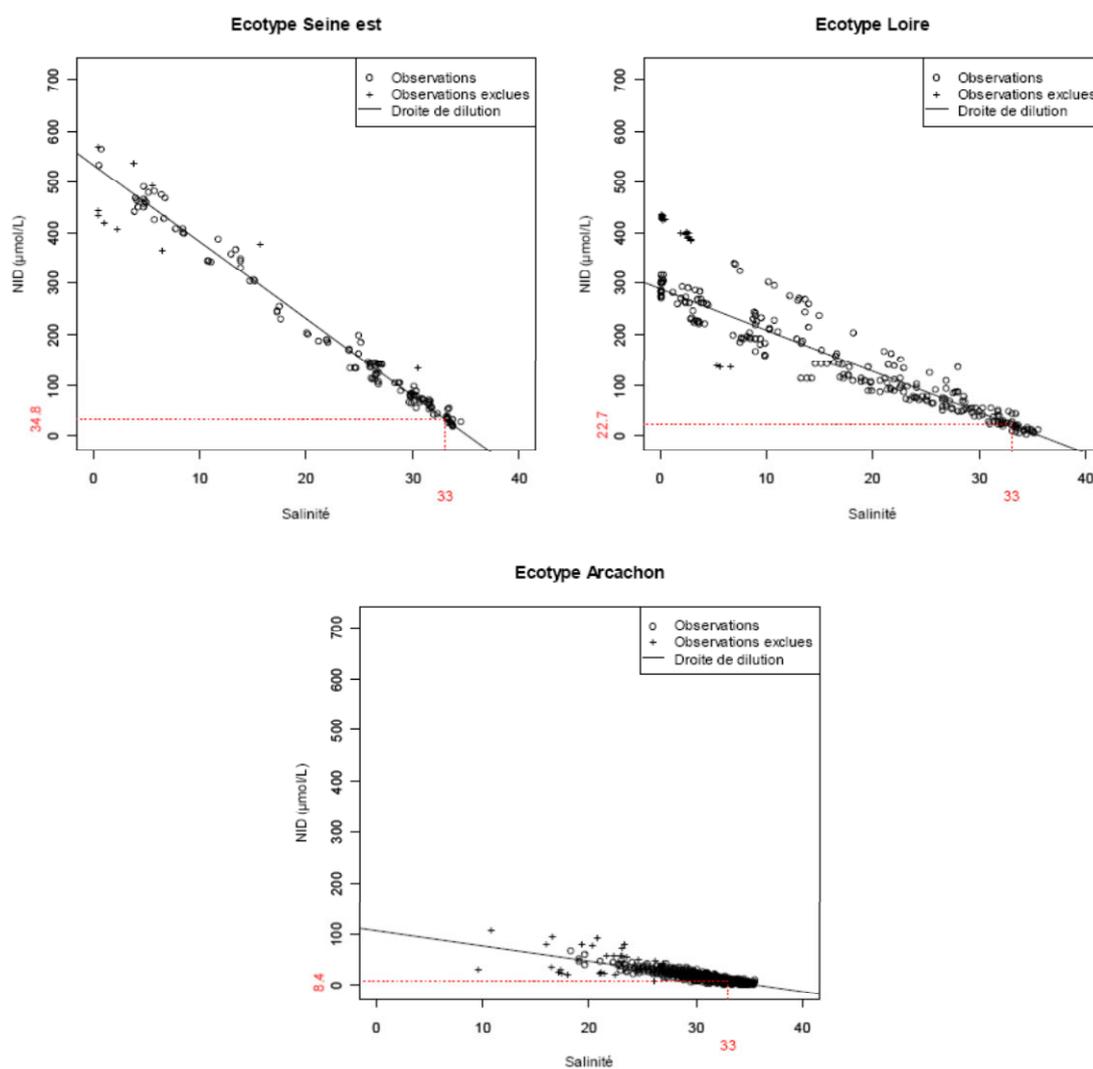


Figure 6. Distribution par rapport à la salinité des concentrations de surface en NID (nitrate + nitrite + ammonium) mesurées en hiver au cours de la période 2003 – 2008 dans les écotypes « témoins » : Arcachon, Loire et Seine. Normalisation de la concentration de NID à 33 de salinité à l'aide de la droite de dilution (Daniel et Soudant, 2010)¹⁹.

²⁰ Rapport entre la valeur calculée et une valeur de référence. Le résultat obtenu est compris entre 0 et 1.

²¹ Soudant D et Belin C. 2010. Evaluation DCE 2010. Elément qualité : phytoplancton. R.INT.DIR/DYNECO/VIGIES/10-03/DS. 199p.

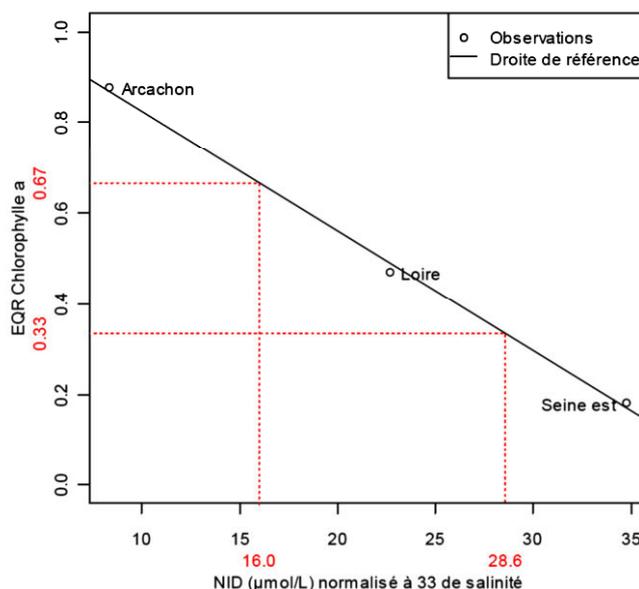


Figure 7. Distribution des valeurs de NID normalisées à 33 de salinité des 3 écotypes « témoins » par rapport à leur RQE de chlorophylle. Détermination de deux valeurs seuil de NID correspondant à l'RQE « très bon état/bon état » et à l'RQE « bon état/moyen état » de chlorophylle (Daniel et Soudant, 2010)¹⁹.

La droite résultant des 3 écotypes « témoins » permet d'associer à l'RQE chlorophylle « très bon état/bon état » (=0,67) et à l'RQE « bon état/état moyen » (= 0,33) deux concentrations de NID définies comme « valeurs seuils » entre ces 3 états : elles sont égales à 16 et à 29 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ respectivement (Figure 7). La DCSMM ne faisant la distinction qu'entre atteinte du BEE et non atteinte du BEE, seul le seuil de 29 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ sera utilisé.

Méthodologie de la définition des seuils du critère D5C1 pour les zones intermédiaire et large.

Pour les zones intermédiaire et large, où aucun seuil n'a été préalablement défini dans le cadre de la DCSMM, des tests ont été effectués pour définir des seuils pertinents à partir de différentes méthodes.

- Seuils pour les nitrates pour la façade manche-atlantique

En premier lieu, le seuil DCE (29 $\mu\text{mol.l}^{-1}$) a été appliqué aux données du large (Figure 8A.).

Ensuite la même méthode que pour les données côtières a été appliquée aux données de chlorophylle-*a* du large, obtenues par images satellite, et aux données de salinité et de nutriments du large, obtenues par modélisation, le long de 14 radiales partant de la côte vers le large (Figure 9). Ces radiales ont été choisies en fonction de leur point de départ à la côte qui sont les points de mesures "historiques" utilisés pour le calcul des seuils chlorophylle-*a* DCE³¹. La salinité variant peu au-delà d'une certaine distance de la côte, les résultats obtenus ont montré une dispersion importante avec une courbe de référence ayant un R^2 assez faible < 0,5 (Figure 10A). La valeur seuil obtenue par cette méthode est de 23,5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ (Figure 10A) et les résultats de son utilisation sont illustrés figure 8B (méthode "courbe de référence").

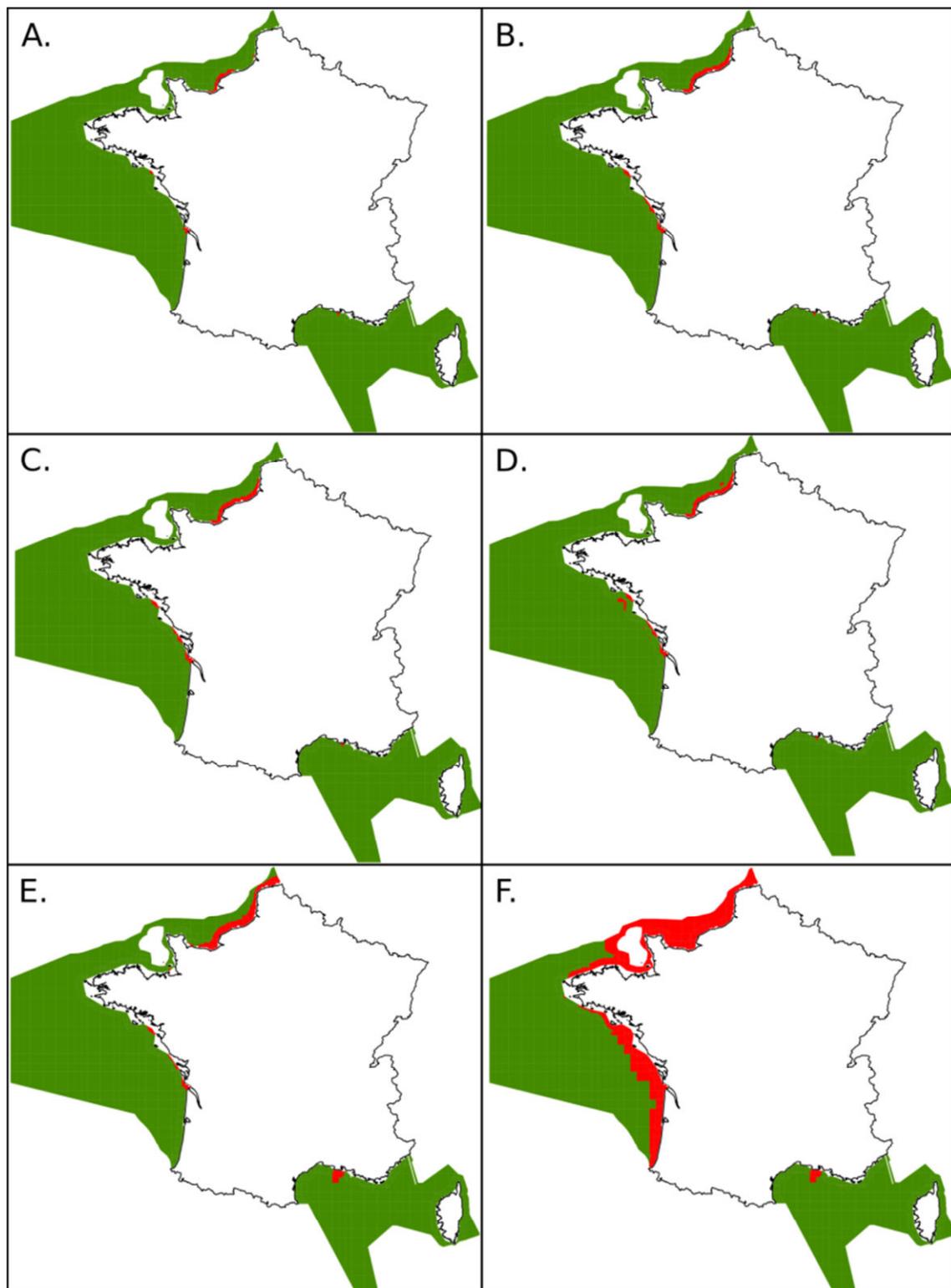


Figure 8. Résultat de l'application des seuils, calculés avec différentes méthodes, aux données de concentration en nitrate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) des zones intermédiaire et large par maille : A. seuil DCE, B. méthode "courbe de référence", C. méthode "abattement" 15 % - 30 %, D. méthode "abattement" 15 % - 50 %, E. méthode "maximum pristine" + 50 %, F. méthode "médiane pristine" + 50 %. Les zones en rouge n'atteignent pas le BEE, les zones en vert atteignent le BEE vis-à-vis du critère D5C1 (azote).

La même approche basée sur des données de nutriments et chlorophylle-*a* "pristine" a montré une distribution encore plus dispersée (Figure 10B). Aucune valeur seuil n'a pu être obtenue par cette approche. Les concentrations "pristine" de nutriments en mer sont obtenues par modélisation (modèle ECO-MARS3D) : leur calcul est basé sur des apports en nutriments terrestre "pristine" (équivalent à une époque où l'homme n'avait que peu d'influence sur son environnement) mais soumis à des conditions météorologiques réelles et actuelles (mesurées sur la période 2000-2006)²².

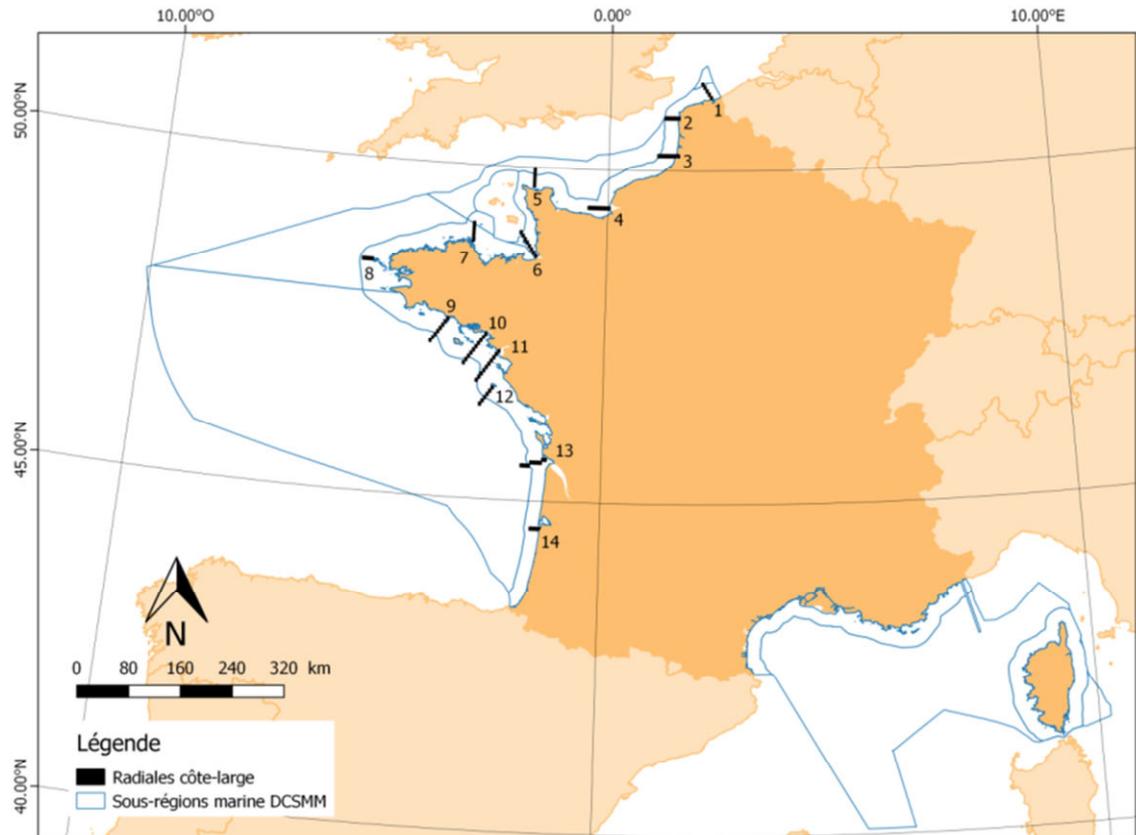


Figure 9. Radiales côte-large utilisés pour calculer les seuils des zones intermédiaire et large. 1 : radiale Dunkerque, 2 : radiale Boulogne sur mer, 3 : radiale Somme, 4 : radiale Seine, 5 : radiale Cherbourg, 6 : radiale Chausey-Donville, 7 : radiale Bréhat, 8 : radiale Ouessant, 9 : radiale Groix, 10 : radiale Vilaine, 11 : radiale Loire, 12 : radiale Ile d'Yeu, 13 : radiale Gironde, 14 : radiale Arcachon.

Une autre approche a consisté à appliquer un coefficient d'abattement au seuil DCE. Ce coefficient d'abattement a été calculé en fonction de droite de dilution de la concentration moyenne mensuelle en nitrates le long de radiales côte-large (Figure 9), pendant la période de faible productivité (novembre à février). Les zones au large des estuaires montrant des gradients en nutriment très forts dès le début des radiales (forte et rapide baisse de la concentration en nutriments, tableau 7) seules les premières mailles ont été utilisées pour ne pas donner un poids trop important à ces zones estuariennes. Les résultats ont montré une très forte variabilité géographique rendant difficile la sélection d'un seuil commun. Un coefficient

²² EMoSEM 2015. Ecosystem Models as Support to Eutrophication Management In the North Atlantic Ocean (EMoSEM), EU FP7 Seas-Era project. Final Report.

d'abattement de 15 % donnant un seuil de $24,65 \mu\text{mol.l}^{-1}$ a été retenu pour la zone intermédiaire et 2 coefficients d'abattement, 30 % (seuil à $20,3 \mu\text{mol.l}^{-1}$) et 50 % (seuil à $14,5 \mu\text{mol.l}^{-1}$) ont été testés pour la zone large (Figure 8C et Figure 8D).

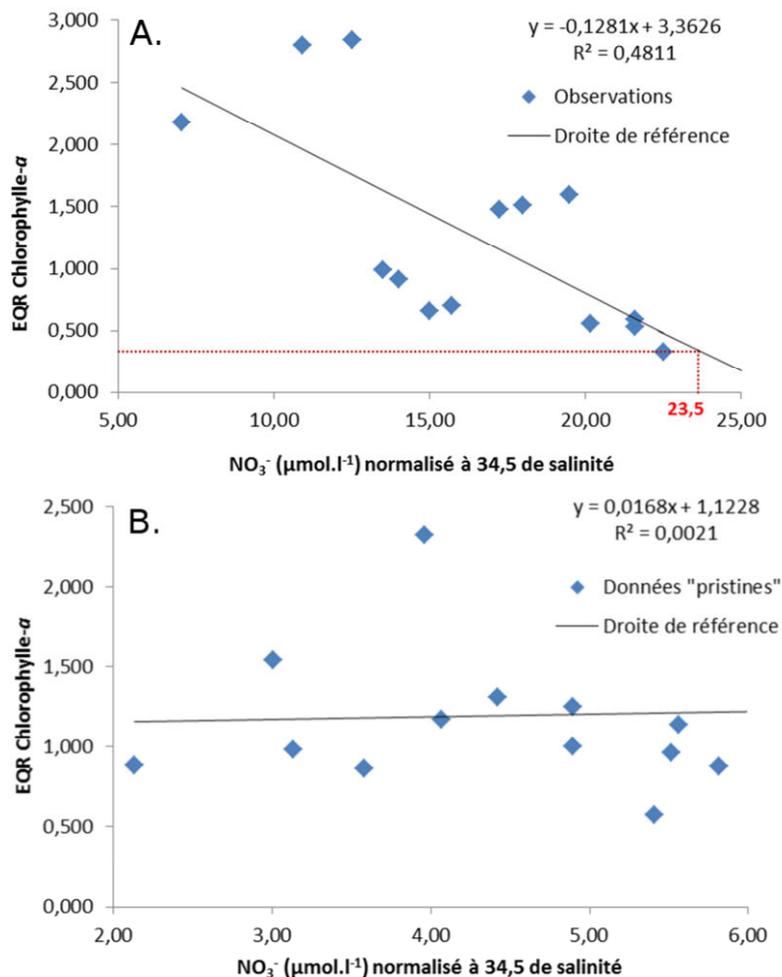


Figure 10. Distribution des valeurs de nitrates *in situ* (A.) et "pristines" (B.) normalisées à 34,5 de salinité sur 14 radiales côte-large (Figure 9) par rapport à leur RQE de chlorophylle-a. Détermination de la valeurs seuil de nitrates correspondant à l'RQE « bon état/moyen état » de chlorophylle-a.

Tableau 7. Pourcentage de diminution (%) de la concentration en nitrate par rapport à la première maille des radiales considérées. La ligne marque la limite entre la zone intermédiaire et la zone large.

numéro de maille (côte vers large)	Radiales													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1											11,12			
2										37,73	41,97			
3			4,09			44,46				51,15	57,37		8,28	
4	19,93	9,21	30,54			61,28	0,02			60,84	63,25		33,99	3,05
5	44,44	13,15	43,54			75,77	-0,60	0,30	15,02	66,99	69,49		41,48	4,23
6		53,52	17,81	47,38	0,94	81,63	-2,92	0,39	20,10	70,63	73,88	5,80	48,36	8,04
7	3,82	56,92	24,37	47,15	3,40	82,16	-6,99	-0,85	27,90	74,86	76,23	21,03	54,58	17,24
8	7,56	58,04	32,27	46,58	5,92	82,50	-9,61	-0,16	32,72	77,68	78,96	33,63	61,00	
9	17,21		40,73	47,16	7,51	82,76			37,97	79,93	81,98	42,50	67,05	
10				48,15	9,57				42,54	81,59		49,49	70,93	
11				48,96					45,72				72,18	
12				52,74									73,45	

Une dernière approche a consisté à calculer une valeur de référence à partir de la médiane ou du maximum de concentrations en nitrate "pristine" par zone et par sous-région marine puis à calculer la valeur seuil en utilisant l'approche OSPAR (valeur seuil = valeur de référence + 50 %). Les valeurs obtenues par méthodes, SRM et zones sont présentées tableau 8. Le résultat de l'utilisation de ces seuils pour évaluer l'élément nitrate est illustré figure 8E et figure 8F.

Tableau 8. Valeurs de référence de la concentration en nitrates calculées à partir de la médiane ou du maximum des données "pristines" en nitrate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour chaque zone et sous-région marine. Les valeurs seuils sont obtenues en ajoutant 50 % de la valeur de référence.

Zones	Valeurs de réf. (mediane[NO3]Pristine)	Seuils	Valeurs de réf. (max[NO3]Pristine)	Seuils
MMN Intermédiaire	4,04	6,06	9,00	13,5
MMN Large	4,70	7,06	8,63	12,9
MC Intermédiaire	4,53	6,79	8,69	13,0
MC Large	6,39	9,59	10,90	16,4
GdG Intermédiaire	5,92	8,88	16,48	24,7
GdG Large	5,80	8,71	15,85	23,8

Le seuil retenu, après soumission et approbation par la coordination nationale DCSMM et les experts régionaux (voir annexe 11.2), sollicités pour commentaires et validation de la méthode la plus en adéquation possible avec les connaissances actuelles sur l'état écologique et environnemental des masses d'eau, est celui calculé par la méthode du coefficient d'abattement (tenant compte de l'effet de la dilution) de 15 % en zone intermédiaire (seuil de $24,65 \mu\text{mol.l}^{-1}$) et 30 % en zone large (seuil de $20,3 \mu\text{mol.l}^{-1}$). Ces seuils sont pour l'instant difficilement comparables avec ceux définis par les pays frontaliers de la France (Belgique, Angleterre et Espagne) dans le cadre de l'ICG EUT d'OSPAR (Intersessional Correspondence Group on Eutrophication) puisque ces pays se basent sur une métrique différentes (données NID normalisé à 34,5 de salinité au large).

- Seuils pour les nitrates pour la façade méditerranéenne

Pour les zones intermédiaire et large de la SRM MO aucun seuil n'a été préalablement défini dans le cadre de la DCSMM, ni dans le cadre de la convention de Barcelone. Il n'y a pas non plus de données de modélisation "pristine" (estimation des concentrations en nutriments en mer à partir de flux continentaux équivalent à une époque où l'Homme n'avait pas d'influence sur son environnement) disponibles. Pour garder une homogénéité méthodologique avec les autres sous-régions marine, la méthode du coefficient d'abattement a été testée pour les nitrates à partir du seuil DCE manche-atlantique ($29 \mu\text{mol.l}^{-1}$).

Le coefficient d'abattement a été calculé (arrondie à la dizaine supérieure) en fonction d'une droite de dilution de la concentration moyenne mensuelle en nitrates le long d'une radiale côte large partant de l'embouchure du Rhône (Figure 11). Un coefficient d'abattement de 30 % (Tableau 9) a été retenu pour la zone intermédiaire donnant un seuil de $20,3 \mu\text{mol.l}^{-1}$. Un coefficient d'abattement de 70 % (Tableau 9) a été retenu pour la zone large donnant un seuil de $8,7 \mu\text{mol.l}^{-1}$.

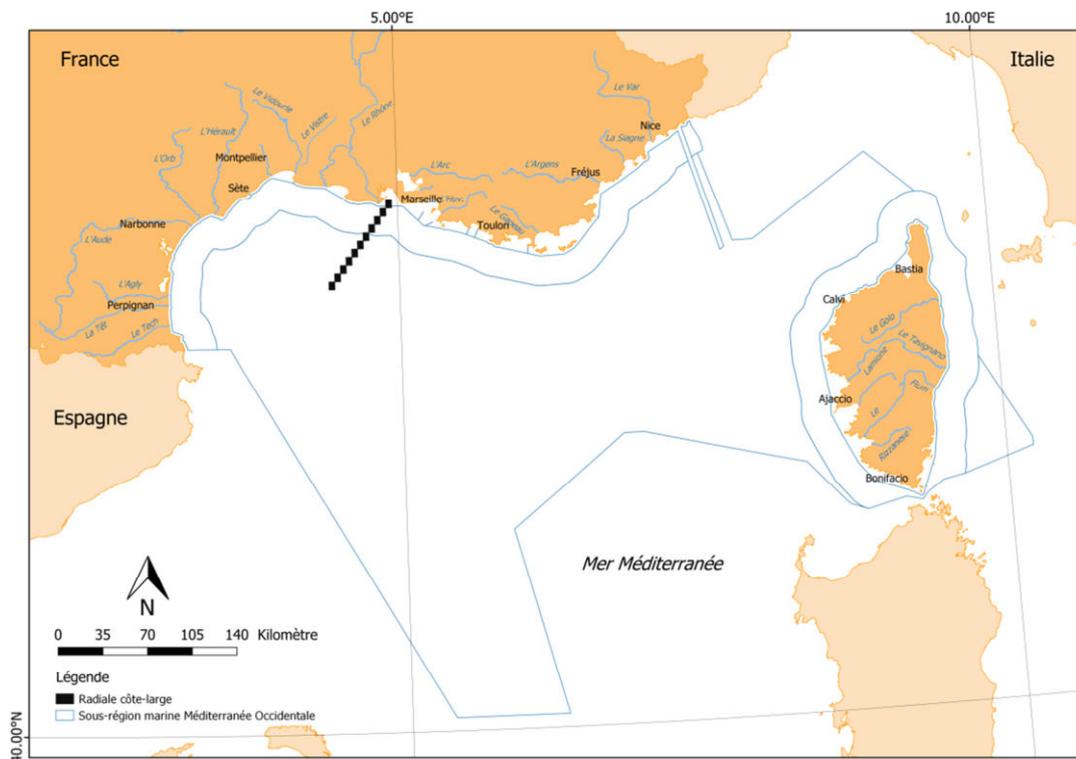


Figure 11. Radiale côte-large utilisée pour calculer les seuils des zones intermédiaire et large de la SRM MO.

Tableau 9. Pourcentage de diminution (%) de la concentration en nitrate par rapport à la première maille de la radiale "Rhône" (Figure 11). La ligne marque la limite entre la zone intermédiaire et la zone large.

Radiale Rhône		
Numéro de maille (côte vers large)	2	7,70
	3	28,12
	4	40,79
	5	60,14
	6	70,71
	7	73,96
	8	78,52
	9	80,18
	10	82,60

- Seuils pour les PID pour la façade manche-atlantique

Pour les PID, n'ayant pas de seuil à la côte, et donc de méthode de calcul DCE associé, seule la méthode de la médiane et du maximum des données PID "pristine", combinée avec l'approche OSPAR, a pu être testée (Tableau 10). Le résultat de l'utilisation de ces seuils pour évaluer l'élément PID est illustré figure 12A et figure 12B.

Tableau 10. Valeurs de référence de l'élément phosphate inorganique dissous (PID) calculées à partir de la médiane ou du maximum des données "pristine" en PID ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour l'ensemble des zones et des sous-régions marines. Les valeurs seuils sont obtenues en ajoutant 50 % de la valeur de référence.

	Valeur de réf. (mediane[PID]Pristine)	Seuils	Valeur de réf. (max[PID]Pristine)	Seuils
Zones intermédiaire et large (toutes SRM)	0,5	0,8	0,8	1,2

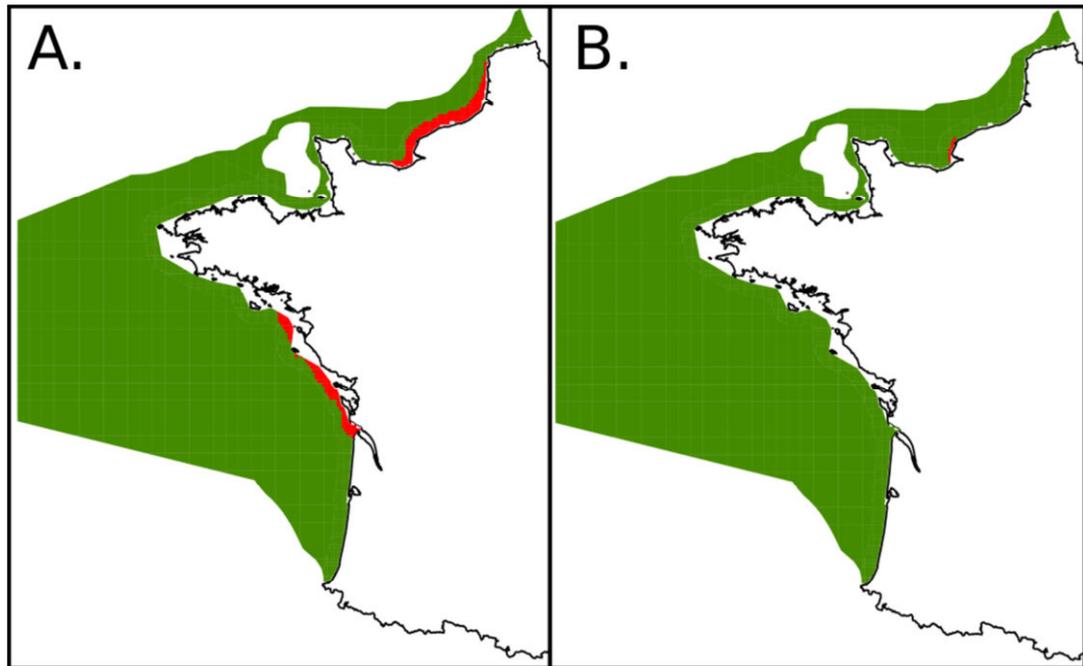


Figure 12. Résultat de l'application des seuils, calculés avec différentes méthodes, aux données de concentration en PID ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) des zones intermédiaire et large par maille : A. méthode "médiane pristine" + 50 %, B. méthode "maximum pristine" + 50 %. Les zones en rouge n'atteignent pas le BEE, les zones en vert atteignent le BEE.

A l'échelle nationale, le seuil retenu après soumission et approbation par la coordination nationale DCSMM et des experts régionaux sollicités pour commentaires et validation de la méthode la plus en adéquation possible avec les connaissances actuelles sur l'état écologique et environnementale des masses d'eau, est celui calculé avec la valeur médiane des PID. Ce seuil de $0,8 \mu\text{mol.l}^{-1}$ est très proche des seuils utilisés par les pays voisins (Angleterre et Belgique) dans le cadre de l'ICG-EUT d'OSPAR.

- Seuils pour les PID pour la façade méditerranéenne

En l'absence de seuil PID côtier et de données "pristines", le seuil PID pour la SRM MO a été calculé à partir du seuil Manche-Atlantique ($0,8 \mu\text{mol.l}^{-1}$) sur lequel a été appliqué le même abattement que pour les nitrates (30 % - 70 %). Ces coefficients donnent un seuil de $0,56 \mu\text{mol.l}^{-1}$ en zone intermédiaire et $0,24 \mu\text{mol.l}^{-1}$ en zone large.

Un dépassement de ces seuils par l'un des indicateur nutriments entraîne un déclassement de la masse d'eau ou de la maille considérée pour le critère D5C1.

3.3.1.4. Unité géographique d'évaluation

Le critère D5C1 a été évalué dans chaque UGE détaillé au chapitre 3.2 (dans toutes les MEC DCE où il y a eu des mesures et toutes les mailles intermédiaires et larges).

3.3.1.5. Confiance et précision

Les incertitudes sur la méthodologie liée aux prélèvements et aux mesures sont décrites dans les manuels Aminot et Kérouel (2004, 2007)¹⁷⁻²³. La partie qualité et validation des données sont du ressort du protocole qualité des données de la base Quadrigé²:

Qualité des données provenant de la base Quadrigé²

Les données collectées sur le terrain ou analysées en laboratoire sont stockées dans la base de données Quadrigé² grâce à l'application informatique du même nom (Figure 19). Le contrôle des données est sous la responsabilité des personnes en charge d'effectuer les saisies de données dans la base et/ou des personnes ayant un accès aux feuilles de laboratoires et comptes rendus de terrain. Ainsi ces personnes doivent veiller à la bonne concordance entre les données saisies dans la base est celles affichées sur les feuilles de laboratoire et les comptes rendus de terrain et faire des corrections le cas échéant.

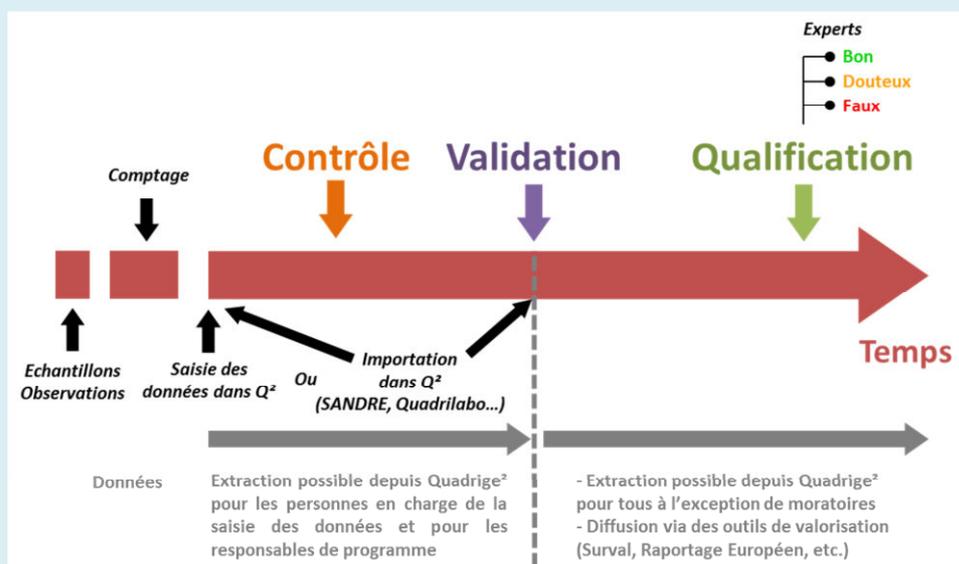


Figure 13. Schéma du processus de qualification des données dans Quadrigé² (issu de Le Moigne et Gauthier, 2015²⁴).

Une fois que le contrôle et que les corrections ont été faites, les données sont validées par ces mêmes opérateurs :

- 1- Confirmation de la validité technique des données (correspondance avec les résultats d'analyses)
- 2- Les données sont figées (elles ne peuvent plus être modifiées, même par les personnes en charge de leur saisie)
- 3- Diffusion des données: les données validées sont téléchargeables par tous les utilisateurs de Q² ayant un accès à la base de données, et diffusion *via* Surval (sauf si les données sont protégées par moratoire).

²³ Aminot A et Kérouel R. 2007. Dosage automatique des nutriments dans les eaux marines : méthodes en flux continu. Ed. Quae, 188 p.

²⁴ Le Moigne M et Gauthier E. 2015. Data Qualification processes for French Coastal Data in Q² ; EMODnet – Chemistry report. Ifremer.

La qualification est réalisée après ce premier procédé de vérification des données. La Qualification implique:

- La recherche de données douteuses ou extrêmes d'un point de vue scientifique,
- La correction des données quand cela est possible,
- L'attribution d'un niveau de qualification aux données. Ces niveaux sont:

- o **bon** : la donnée a un sens, son utilisation dans une analyse de données est pertinente,
- o **douteux** : la donnée peut être fausse, elle pourrait biaiser une analyse de données,
- o **faux** : la donnée est aberrante ou a un problème connu (*e.g.* mauvaise analyse et impossibilité de la refaire). Elle ne doit pas être incluse dans une analyse de données.

Le niveau de qualification correspond au niveau de confiance dans la donnée. Seules les données qualifiées de "bonnes" et "douteuses" sont diffusées *via* Surval.

La qualification est divisée en deux étapes principales : une qualification "automatique" et une qualification par "expertise".

Qualification “automatique”

Les erreurs évidentes ou facilement identifiables sont détectées (*e.g.* erreur de paramètre ou de support analytique, erreur dans les échantillons: 100°C au lieu de 10°C) ou incohérences (*e.g.* donnée saisie avec un niveau de "surface" mais à une profondeur de 20 m). Ces erreurs peuvent être identifiées automatiquement en définissant de simples règles de contrôle (*e.g.* immersion < 2 m). La qualification automatique aboutie sur l'attribution d'un niveau de qualité temporaire à la donnée (bon, douteux ou faux). Seules les données qualifiées de bonnes ou douteuses passent ensuite à la qualification par "expertise".

Qualification par “expertise”

Les responsables en charge de cette qualification sont les experts thématiques qui ont la connaissance scientifique suffisante pour interpréter les données. Cela consiste à mettre en évidence les valeurs extrêmes *via* les méthodes appropriées (analyse de séries temporelles, tests statistiques, *etc.*).

L'intervalle de confiance sur le diagnostic écologique issu de l'application de l'indicateur en zone côtière est évalué par la méthode du calcul des percentiles appliqués à la distribution par ré-échantillonnage "bootstrap" des données brutes²⁵. Il faut noter que l'on considère généralement que le bootstrap ne devrait pas être appliqué sur des échantillons de taille inférieure à trente observations²⁶. En dessous de ce seuil, c'est la représentativité de l'échantillon qui est en question et avec elle, la pertinence des estimations.

Un indice de confiance à l'échelle du descripteur 5 est également calculé par UGE. C'est un indice sans unité représenté par le rapport entre le nombre de critères effectivement

²⁵ Soudant A, Soudant D et Lefebvre A. 2008. Influence de la période et de la fréquence d'échantillonnage sur le percentile 90 de la fluorescence. R.INT.DOP/DYNECO/VIGIES 2008-17. 36p

²⁶ Chernick MR. 2007. Bootstrap Methods: A Guide for Practitioners and Researchers, 2nd Edition. Wiley, New York.

utilisé pour évaluer le descripteur 5 par rapport au nombre de critères pertinents maximal pour la zone considérée. Il peut varier entre 0 et 1 et se calcul comme ceci :

$$Ic_i = \frac{N_i}{NP_i}$$

avec :

Ic_i : indicateur de confiance calculé pour l'UGE i

N_i : nombre de critère effectivement utilisé N pour réaliser l'évaluation du descripteur 5 dans l'UGE i

NP_i : nombre de critère maximal pertinent NP pouvant être utilisé pour évaluer le D5 dans l'UGE i

3.3.1.6. Correspondance avec les programmes de surveillance du PAMM

Le critère "nutriments" est en lien direct avec le sous-programme 2 « Physico-chimie » du programme de surveillance Eutrophisation. Ce sous-programme est également traité au sein du programme de surveillance Changements Hydrographiques.

Il est également abordé dans le programme de surveillance Habitat-Pélagique (où il y est référencé comme sous-programme 3).

3.3.1.7. Liens avec les autres critères et indicateurs du BEE

Le D5C1 peut avoir des liens avec les critères du descripteur 7. La répartition des nutriments peut en effet être influencée par l'hydrodynamisme.

3.3.2. Critère D5C2 : Concentration en chlorophylle-*a* dans la colonne d'eau

3.3.2.1. Réseaux de mesure et méthodologie

- En zone côtière

Les concentrations en chlorophylle-*a* utilisées pour l'évaluation à la côte (< 1 mn) sont mesurées une fois par mois pendant la période productive de mars à octobre pour la façade manche-atlantique et tous les mois de l'année pour la façade méditerranéenne, à marée haute, 1 m sous la surface, par le biais du réseau REPHY de l'Ifremer comprenant des réseaux régionaux : le SRN (SRM MMN), ARCHYD (SRM GdG), le RLM (SRM MO) et également le RHLN (SRM MMN).

La concentration en chlorophylle-*a* est estimée par extraction des pigments chlorophylliens par de l'acétone à 90 % dont l'absorbance est mesurée par spectrophotométrie à 665 nm. Pour un supplément d'informations concernant cette méthode se reporter au manuel Aminot et Kerouel (2004)¹⁷.

- En zones intermédiaire et large

Pour les zones intermédiaire et large, les données chlorophylle-*a* proviennent des produits issus des images satellite (capteur MODIS) dont les détails sont donnés dans le chapitre 3.4.

3.3.2.2. Métrique

Ce critère sera renseigné par l'indicateur chlorophylle-*a* dont la métrique est le percentile 90 (P90) des concentrations en chlorophylle-*a* en surface par masses d'eau DCE à la côte, et par maille en zone intermédiaire et au large (Figure 5), pour l'ensemble de la période considéré (2010-2016). Le P90 est calculé comme suit :

$$P_{90} = (1 - g)_{X_j} + g_{X_{j+1}}$$

avec

P_{90} : valeur de la métrique

$X_1 X_2 \dots X_n$: valeurs ordonnées du paramètre

n : nombre de valeurs pour le paramètre

et j : partie entière et g partie fractionnaire de np telles que $np = j + g$ où $p = 0,9$.

Le résultat du calcul de la métrique est ensuite confronté à une valeur seuil pour déterminer l'atteinte ou non du BEE dans l'UGE considéré.

3.3.2.3. Méthode fixation des seuils

- En zone côtière pour la façade manche-atlantique

Les seuils pour l'indice P90 de la chlorophylle-*a* ont été calculés en fonction de valeurs de références (le texte détaillant la méthode de fixation a été repris du rapport DCE sur l'élément qualité phytoplancton²¹).

Les valeurs de référence à la côte ont initialement été définies à dire d'expert et à partir de séries historiques. Les conditions de référence varient avec la localisation géographique. Leur diversité reflète la multiplicité des réponses du phytoplancton aux conditions hydro-climatiques et aux apports en nutriments. Les paramètres qui influencent ces variations géographiques sont en particulier les pressions non anthropiques qui affectent le taux de croissance et la productivité du phytoplancton :

notamment les flux d'eau douce et les phénomènes d'upwelling, mais aussi la configuration du plateau continental, la géomorphologie, le marnage, les courants côtiers, *etc.* Ces paramètres ont été utilisés pour définir les écotypes européens. Des particularités locales ont cependant été prises en compte en supplément dans certains cas : par exemple les différences morphologiques et hydrographiques entre le littoral sud-atlantique français et la côte nord-est atlantique de l'Espagne ont justifié la création de deux écotypes dont la frontière se juxtapose à la frontière administrative. La prise en compte de tous ces critères a permis de définir des valeurs de référence pour chacun des écotypes, résultat d'un compromis entre les différentes valeurs proposées ou utilisées par les différents pays. Pour les écotypes concernant la France (Tableau 3, 4, 5 et 6), ces valeurs de référence ont été définies comme suit lors de la première phase de l'inter-calibration :

- 6,67 µg/l de chlorophylle-*a* pour l'écotype NEA 1/26b (littoral du nord de la France, sous l'influence du panache de la Somme, soit de la frontière belge au sud de la baie de Somme)
- 3,33 µg/l de chlorophylle-*a* pour l'écotype NEA 1/26a (le littoral Manche Atlantique, du sud de la baie de Somme à la frontière espagnole).

La prise en compte de plusieurs critères a permis de définir les seuils séparant les états Bon et Moyen dans le cadre de la DCE (frontière atteinte BEE/non atteinte BEE pour la DCMM). Par exemple :

Dans les masses d'eau atlantique ouvertes sur le large, avec des apports naturels en nutriments relativement faibles, le phytoplancton répond rapidement à de faibles modifications de ces apports. Pour ces masses d'eau dont les valeurs de référence sont plutôt faibles, une augmentation de 100 % de la chlorophylle-*a* été considérée comme significative d'un glissement du bon état à un état moyen. Pour l'écotype 1/26a, le seuil a été défini dans la première phase de l'intercalibration à 10 µg.l⁻¹.

En comparaison, les masses d'eau semi-fermées ou celles qui sont soumises aux upwellings, sont naturellement turbides et plus riches en nutriments : elles sont donc sujettes à des blooms plus nombreux et plus importants en terme de concentration cellulaire. Pour ces masses d'eau dont les valeurs de référence sont plutôt fortes, une augmentation de seulement 50 % de la chlorophylle-*a* été considérée comme significative d'un glissement du bon état à un état moyen. Pour l'écotype 1/26b, le seuil a donc été défini à 15 µg.l⁻¹.

- En zone côtière pour la façade méditerranéenne

La définition des conditions de référence s'appuie initialement sur l'avis d'experts et sur des séries historiques de données. Lors du premier round d'inter-calibration, les conditions de référence et les grilles, initialement différentes dans chaque état membre, ont fait l'objet d'un consensus lors de la réunion du GIG-MED à ISPRA en 2007. Pour les deux écotypes 2 A et 3 W concernant la France, les valeurs de référence et les grilles ont été définies comme suit :

- Ecotype 2 A - en µg.l⁻¹ de chlorophylle-*a*

Valeur de référence = 1,9

Grille : B/M = 3,6

- Ecotype 3 W - en µg.l⁻¹ de chlorophylle-*a*

Valeur de référence = 0,9

Grille : B/M = 1,8

Les conditions de référence ont été réévaluées lors du second round d'inter-calibration par la France et l'Espagne, avec une approche benchmarking. Des masses d'eau de référence, c'est-à-dire non soumises à des pressions significatives, ont ainsi été identifiées, au moyen de l'indice LUSI (Land Uses Simplified Index, voir Buchet 2012²⁷) ou sur avis d'experts. L'examen des données disponibles sur ces masses d'eau de référence a permis de consolider les valeurs de référence qui avaient été proposées lors du premier round, mais aussi de valider la valeur de référence et la grille, selon les valeurs proposées antérieurement par Goffart (2010)²⁸ pour la Corse, en l'étendant à l'écotype Iles méditerranéennes W :

Ecotype Iles méditerranéennes W - en $\mu\text{g.l}^{-1}$ de chlorophylle-*a*

Valeur de référence = 0.6

Grille : B/M = 1,22

L'écotype 1 n'a pas fait l'objet de discussions dans le cadre des GIGs, la valeur de référence et la grille ont donc été définies en France à partir de celles initialement utilisées en lagunes.

Ecotype 1 - en $\mu\text{g.l}^{-1}$ de chlorophylle-*a*

Grille : B/M = 10

Méthodologie de la définition des seuils du critère D5C2 pour les zones intermédiaire et large.

Pour les zones intermédiaire et large, où aucun seuil n'a été préalablement défini dans le cadre de la DCSMM, des tests ont été effectués pour calculer un seuil pertinent à partir de différentes méthodes.

- Pour la façade manche-atlantique

En premier lieu les seuils DCE ($15 \mu\text{g.l}^{-1}$ et $10 \mu\text{g.l}^{-1}$) ont été appliqués aux données du large (Figure 14A.).

²⁷ Buchet R. 2012. Assistance à la coordination des travaux européens d'intercalibration des indicateurs biologiques de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Rapport HOCER. 155 p.

²⁸ Goffart A. 2010. Proposition de grilles et de seuils corses pour l'indicateur Phytoplancton. Note, 3 juin 2010. 2 p.

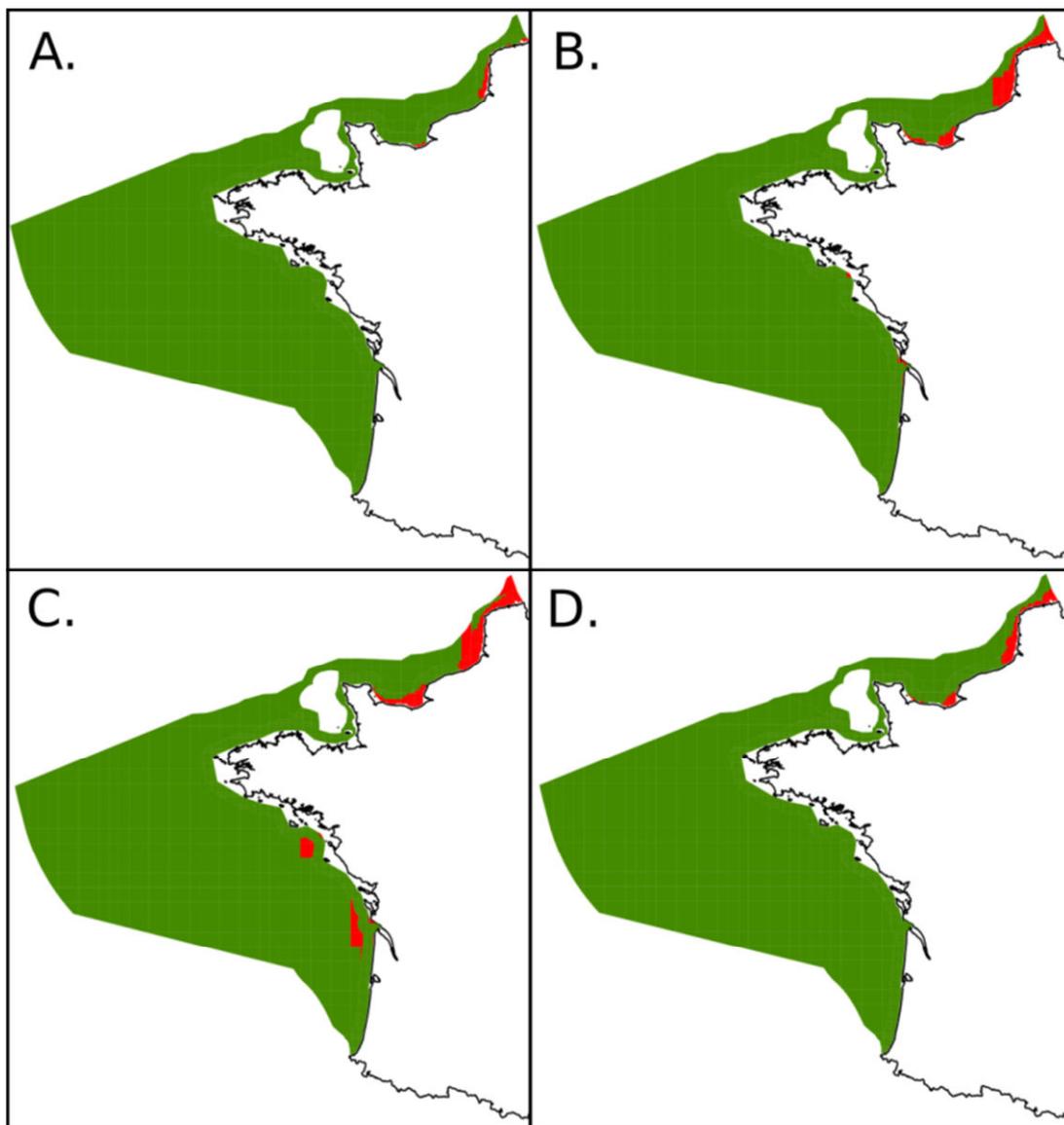


Figure 14. Résultat de l'application des seuils, calculés avec différentes méthodes, aux données de concentration en chlorophylle-*a* ($\mu\text{g.l}^{-1}$) des zones intermédiaire et large par maille : A. seuil DCE, B. méthode "abattement" 50 % - 60 %, C. méthode "P90 pristine" + 50 %, D. méthode "P90 pristine" / RQE-DCE. Les zones en rouge n'atteignent pas le BEE, les zones en vert atteignent le BEE.

Une autre approche a consisté à appliquer un coefficient d'abattement au seuil DCE. Ce coefficient d'abattement a été calculé en fonction de droite de dilution de la concentration moyenne mensuelle en chlorophylle-*a* le long de radiales côte-large (Figure 9) pendant la période de forte productivité (mars à octobre). Les résultats ont montré une très forte variabilité géographique rendant difficile la sélection d'un seuil commun pour ces différentes radiales (Tableau 11). L'application d'un coefficient d'abattement de 50 % pour les zones intermédiaires adjacentes aux écotypes NEA 1/26b et 1/26a (Figure 5A) a permis de définir un seuil de 7.5 et 5 $\mu\text{g.l}^{-1}$ respectivement, tandis qu'un coefficient d'abattement de 60 % (seuil à 6 et 4 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pour les zones larges adjacentes aux écotypes NEA 1/26b et 1/26a) a été appliqué pour la zone large (Figure 14B).

Tableau 11. Pourcentage de diminution (%) de la concentration en chlorophylle-*a* par rapport à la première maille des radiales considérées (Figure 9). La ligne marque la limite entre la zone intermédiaire et la zone large.

numéro de maille (côte vers large)	Radiales													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1			1,85								12,63			
2			10,61							28,21	29,75			
3		32,3	20,02			7,9	15,0			45,85	44,78		0,86	
4		53,0	25,55	-15,59		4,9	30,0			57,22	54,01		19,88	40,3
5		64,7	31,06	-20,07		11,8	38,2	-3,4	36,8	64,93	59,54		19,84	66,9
6	17,5	67,8	33,79	-10,73	8,8	2,5	39,2	-5,2	63,5	70,63	63,68	28,0	18,08	77,6
7	30,4	67,5	46,34	-1,99	12,4	17,0	41,8	-8,5	69,1	73,23	68,28	39,7	17,95	81,9
8	44,0	68,8	52,94	9,69	17,9	17,2		-11,4	71,8	75,22	72,74	46,3	23,57	
9	51,5		57,29	17,58	20,3	19,8			73,9	79,10	76,71	48,3	33,24	
10				20,56	23,7				74,8	81,34		48,8	39,03	
11				22,56					75,7				44,01	
12				25,20									48,84	

Une dernière approche a consisté à calculer une valeur de référence à partir du percentile 90 de la concentration en chlorophylle-*a* "pristine" (représentant une période où l'activité humaine n'avait pas d'impact significatif sur son environnement, calculé dans le cadre du projet EMOSEM²²) par zone et par sous-région marine puis à calculer la valeur seuil en utilisant soit l'approche OSPAR (valeur seuil = valeur de référence + 50 %) soit l'approche DCE (seuil "Bon/Moyen" = valeur de référence / RQE "Bon/Moyen") avec un RQE (Ratio de Qualité Ecologique) de 0,44 et 0,33 pour les écotypes NEA 1/26b et 1/26a respectivement. Les valeurs obtenues avec cette méthode sont présentées dans le tableau 12. Les résultats de l'utilisation de ces seuils pour évaluer l'élément chlorophylle-*a* sont illustrés en figure 14C et figure 14D.

Tableau 12. Valeurs de référence de l'indicateur chlorophylle-*a* calculées à partir du percentile 90 des données "pristines" en chlorophylle-*a* ($\mu\text{g.l}^{-1}$) pour chaque zone et sous-région marine. Les valeurs seuils sont obtenues en ajoutant 50 % de la valeur de référence ou en divisant par le RQE DCE correspondant.

Zones	Valeur de réf. (P90[Chla]Pristine)	Seuil (50%)	Seuil (EQR)
MMN Intermédiaire NEA 1/26b	2,72	4,08	6,18
MMN Intermédiaire NEA 1/26a	2,65	3,99	6,97
MC Intermédiaire	1,92	2,89	5,07
GdG Intermédiaire	3,47	5,20	9,12
MMN Large	1,94	2,92	5,12
MC Large	1,59	2,39	4,19
GdG Large	1,22	1,83	3,21

Le seuil retenu après soumission et approbation par la coordination nationale DCSMM et des experts régionaux, sollicités pour commentaires et validation de la méthode la plus en adéquation possible avec les connaissances actuelles sur l'état écologique et environnementale des masses d'eau, est celui calculé par la méthode d'abattement (tenant compte de la dilution) définissant des seuils en zone intermédiaire de $7,5 \mu\text{g.l}^{-1}$

et $5 \mu\text{g.l}^{-1}$ et de $6 \mu\text{g.l}^{-1}$ et $4 \mu\text{g.l}^{-1}$ en zone large respectivement pour les écotypes NEA 1/26b et 1/26a.

- Pour la façade méditerranéenne

Pour les zones intermédiaire et large, aucun seuil n'a été préalablement défini dans le cadre de la DCSMM. Il n'y a pas de données de modélisation "pristine" (estimation des concentrations en nutriments en mer à partir de flux continentaux équivalent à une époque où l'Homme n'avait pas d'influence sur son environnement) disponible pour la SRM MO, cette approche n'a pas pu être testée. Afin d'homogénéiser les approches avec les autres SRM, le calcul d'un seuil intermédiaire et large a consisté à appliquer un coefficient d'abattement au seuil DCE de l'écotype 2A (eaux non directement affectées par des apports en eaux douces). Ce coefficient d'abattement a été calculé en fonction de droite de dilution de la concentration moyenne mensuelle en chlorophylle-*a* le long d'une radiale côte large partant de l'embouchure du Rhône (Figure 11). Un coefficient d'abattement de 30 % (arrondie à la dizaine supérieure) pour la zone intermédiaire donnant un seuil de $2 \mu\text{g.l}^{-1}$ et un coefficient d'abattement de 60 % (arrondie à la dizaine supérieure) pour la zone large donnant un seuil à de $1,44 \mu\text{g.l}^{-1}$ ont été calculés.

Tableau 13. Pourcentage de diminution (%) de la concentration en chlorophylle-*a* par rapport à la première maille de la radiale "Rhône" (Figure 11). La ligne marque la limite entre la zone intermédiaire et la zone large.

	Radiale "Rhône"	
	2	22,45
	3	33,13
	4	41,34
	5	46,77
	6	53,13
	7	58,60
	8	62,54
	9	64,73
	10	66,62

Le dépassement de ces seuils par l'indicateur chlorophylle-*a* implique un déclassement de la masse d'eau ou de la maille considérée pour le critère D5C2.

3.3.2.4. Unité géographique d'évaluation

Le critère D5C2 a été évalué dans chaque UGE détaillé au chapitre 3.2.

3.3.2.5. Confiance et précision

Les données de chlorophylle-*a* ayant les mêmes sources pour la côte que les données de concentration en NID, le lecteur devra se reporter au chapitre 3.3.1.5 en ce qui concerne la confiance et la précision sur l'indicateur chlorophylle-*a*.

3.3.2.6. Correspondance avec les programmes de surveillance du PAMM

Le critère chlorophylle-*a* est en lien direct avec le sous-programme 3: Phytoplancton du programme de surveillance Eutrophisation. Ce sous-programme est également traité au sein du programme de surveillance Habitats Pélagiques.

3.3.2.7. Liens avec les autres critères et indicateurs du BEE

Le D5C2 partage des caractéristiques similaires avec le D1C6 (habitats pélagiques), notamment l'indicateur « Pelagic Habitat 2 » qui prend en la biomasse phytoplanctonique et l'abondance des copépodes. La chlorophylle-*a* est aussi un paramètre pertinent pour le descripteur 4 (réseau trophique).

3.3.3. Critère D5C3 : Occurrence d'algues toxiques

L'évaluation de ce critère n'est toujours pas opérationnelle à l'heure actuelle pour une utilisation dans le cadre de l'évaluation DCSMM 2018. Des comptages cellulaires sont bien réalisés sur des échantillons prélevés en zone côtière par le biais du réseau REPHY de l'Ifremer. Il serait également possible d'obtenir des données de biomasses des grands groupes d'algues toxiques pour les zones intermédiaire et large *via* l'utilisation des modèles comme ECO-MARS3D (même si cela n'est toujours pas au point à l'heure actuelle et nécessite du développement supplémentaire pour être finaliser). Toutefois, il manque toujours un consensus sur les seuils à appliquer à la biomasse et l'abondance des différents groupes d'algues toxiques.

Des tests sur un indicateur de composition phytoplanctonique avaient été effectués dans le cadre de la DCE, mais ceux-ci n'avaient pas été concluants²⁹ car insuffisamment discriminant (les résultats d'évaluation étant "bon" et "très bon" dans 98 % des cas). De plus, un document de Georgina Mc Dermott (Irlande), produit lors du meeting du GIG-NEA³⁰ à Lisbonne en juin 2010, argumente en faveur du fait que les espèces toxiques ne sont pas pertinentes pour l'élaboration des indicateurs DCE (voir page 15 du rapport DCE³¹). Ces indicateurs n'ont pas pu être revus pour cette évaluation mais les discussions reprendront pour rendre ce critère évaluable pour les cycles DCSMM suivants.

²⁹ Soudant D et Belin C. 2009. Évaluation DCE décembre 2008. Élément de qualité : phytoplancton. R.INT.DIR/DYNECO/VIGIES/09-03/DS. 160p.

³⁰ Buchet R, Auby I, Rossi N et Belin C. 2013. Compte rendu de la réunion GIG NEA. Poursuite des travaux européens d'inter-étalonnage des indicateurs biologiques de la DCE. Lisbonne, 24-25 janvier 2013.

³¹ Belin C, Lamoureux A, et Soudant D. 2014. Evaluation de la qualité des eaux littorales de la France métropolitaine pour l'élément de qualité Phytoplancton dans le cadre de la DCE. Etat des lieux des règles d'évaluation, et résultats pour la période 2007-2012. Tome 1 - Etat des lieux, méthodes et synthèse des résultats. Rapport DYNECO / VIGIES / 14-05 – Tome 1. 159p.

3.3.4. Critère D5C4 : Transparence de la colonne d'eau

3.3.4.1. Réseaux de mesure et méthodologie

La Décision 2017/848/UE demande de réaliser les mesures de turbidité en mètre (voir chapitre 2.2.5), ce qui sous-entend l'utilisation de la méthode du disque de Secchi qui n'est pas utilisée systématiquement dans le cadre des réseaux de mesures déployés par la France et ces mesures ne peuvent pas être obtenues par conversion à partir de mesures en NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Deux possibilités s'offrent ici : soit de ne pas effectuer l'évaluation de la transparence, soit de réaliser une évaluation à partir des méthodologies développées dans le cadre de la DCE, utilisant l'unité NTU. La deuxième solution a été retenue, l'information provenant des mesures de turbidité en NTU étant compatible avec l'évaluation des problèmes liés à une trop forte eutrophisation des masses d'eau.

- En zone côtière

Les données de transparence utilisées pour l'évaluation à la côte (< 1 mn) sont acquises à marée haute, 1 m sous la surface, par le biais du réseau REPHY de l'Ifremer comprenant les réseaux régionaux : le SRN (SRM MMN), ARCHYD (SRM GdG) et également le RHLN (SRM MMN).

La mesure de la turbidité se fait par néphélogéométrie et est exprimée en NTU. Elle consiste à mesurer la quantité de lumière diffusée à 90° par rapport à la lumière incidente. Pour un supplément d'information concernant cette méthode se reporter au manuel Aminot et Kerouel (2004)¹⁷.

- En zones intermédiaire et large

Pour les zones intermédiaire et large, les données de transparence en NTU proviennent des produits issus des images satellites (capteur MODIS) dont les détails seront donnés dans le chapitre 3.4.

3.3.4.2. Métrique

Ce critère sera renseigné par l'indicateur transparence dont la métrique est le P90 (voir chapitre 3.3.2.2) de la transparence de la colonne d'eau par masses d'eau DCE à la côte et par maille en zone intermédiaire et au large (Figure 5) pour l'ensemble de la période considéré (2010-2016).

Le résultat du calcul de la métrique est ensuite confronté à une valeur seuil pour déterminer l'atteinte ou non du BEE dans l'UGE considéré.

3.3.4.3. Méthode fixation des seuils

- En zone côtière

Le seuil pour l'indicateur transparence a été défini au niveau national dans le cadre de la DCE pour la zone côtière³². Son calcul s'appuie sur les travaux du SEQ "littoral" de 2002 qui mentionnent 5 NTU comme valeur étant rarement dépassée dans les eaux côtières de surface, et 45 NTU pour les baies du Golfe de Gascogne. La grille de lecture

³² Daniel A et Soudant D. 2011. Evaluation DCE. Elément de qualité : transparence. Rapport final. 130p

du Réseau de Surveillance des Lagunes Méditerranéennes qui propose la limite Très Bon / Bon à 5 NTU et Bon / Moyen à 10 NTU a également servi de base à ce travail. Par extension le seuil de 10 NTU a été retenu dans le cadre de la DCSMM comme valeur seuil entre l'atteinte du BEE / non atteinte BEE pour les écotypes 1 (zones rocheuses et côtes méditerranéennes) à la côte, et une valeur seuil de 45 NTU pour les écotypes 3 (zones sableuses/vaseuses et embouchures des principaux fleuves), les écotypes 2 étant les lagunes méditerranéennes qui ne sont pas évaluées dans la DCSMM.

Méthodologie de la définition des seuils du critère D5C4 pour les zones intermédiaire et large.

Pour les zones intermédiaire et large, où aucun seuil n'a été préalablement défini dans le cadre de la DCSMM, des tests ont été effectués pour calculer un seuil pertinent à partir de différentes méthodes.

- Pour la façade manche-atlantique

En premier lieu, le seuil DCE (10 NTU) a été appliqué aux données du large (Figure 15A.).

Une autre approche a consisté à appliquer un coefficient d'abattement au seuil DCE. Ce coefficient d'abattement a été calculé en fonction de droite de dilution de la turbidité mensuelle le long de radiales côte-large (Figure 9) pendant la période de forte productivité (mars à octobre). Les zones au large des estuaires montrant des gradients de turbidité très forts dès le début des radiales (forte et rapide baisse de la turbidité, tableau 14), seules les premières mailles ont été utilisées pour ne pas donner un poids trop fort à ces zones estuariennes. Les résultats ont montré une très forte variabilité rendant difficile la sélection d'un seuil commun. Deux essais ont été faits à partir de ces données :

- 1- un coefficient d'abattement de 30 % pour les zones intermédiaires donnant un seuil de 7 NTU, et un coefficient d'abattement de 70 % pour la zone large donnant un seuil de 3 NTU (Figure 15B).
- 2- un coefficient d'abattement global de 50 % pour toutes les zones, le seuil obtenu à 5 NTU correspondant alors à la limite DCE "Très Bon / Bon" (Figure 15C).

Au contraire de la chlorophylle-*a* et des nutriments, il n'y a pas de données "pristine" de transparence en NTU issues du modèle ECO-MARS3D donc les méthodes de définition de seuils basées sur les données "pristine" n'ont pas pu être testées pour l'indicateur transparence.

Le seuil retenu après soumission et approbation par la coordination nationale DCSMM et des experts régionaux, sollicités pour commentaires et validation de la méthode la plus en adéquation possible avec les connaissances actuelles sur l'état écologique et environnementale des masses d'eau, est celui calculé par la méthode du coefficient de dilution 30 % - 70 % définissant un seuil en zone intermédiaire de 7 NTU et de 3 NTU en zone large.

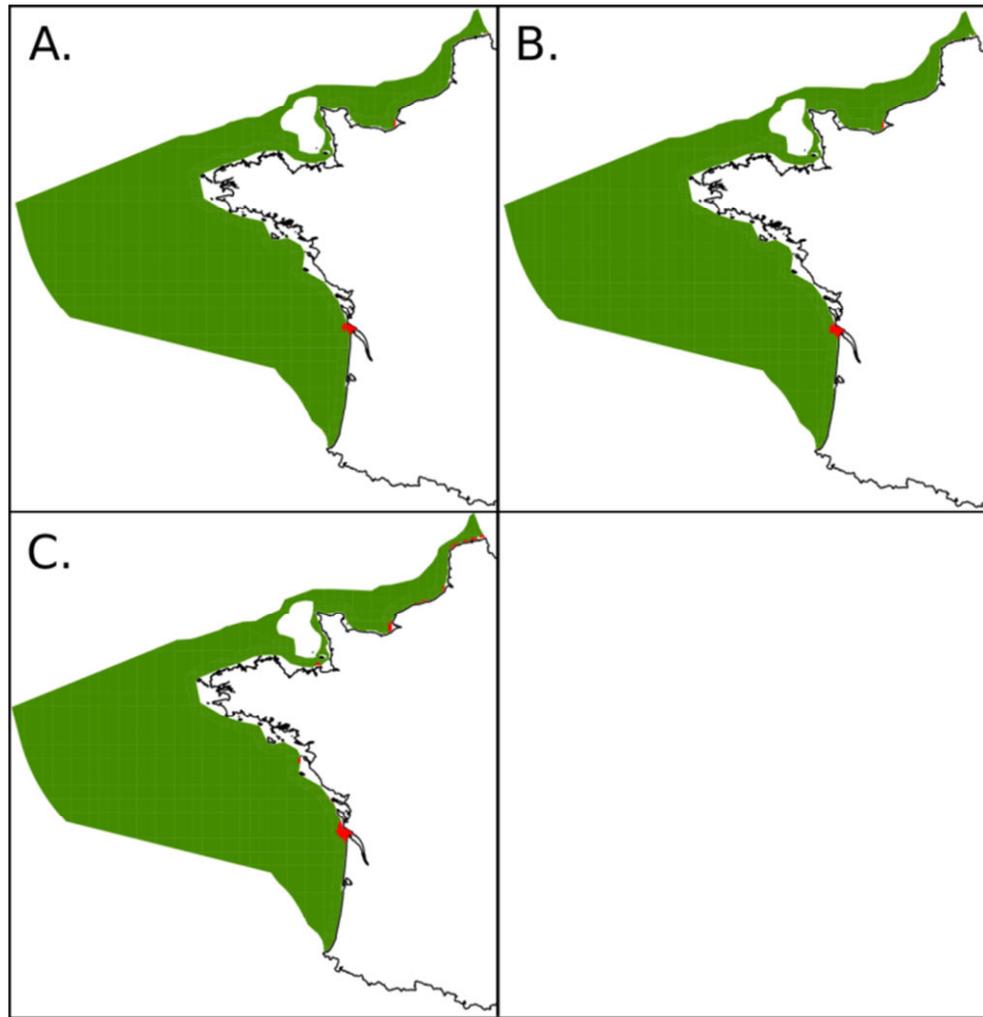


Figure 15. Résultat de l'application des seuils, calculés avec différentes méthodes, aux données de turbidité (NTU) des zones intermédiaire et large par maille : A. seuil DCE, B. méthode "abattement" 30 % - 70 %, C. méthode "abattement" 50 %. Les zones en rouge sont en mauvais état, les zones en vert sont en bon état.

Tableau 14. Pourcentage de diminution (%) de la turbidité par rapport à la première maille des radiales considérées. La ligne marque la limite entre la zone intermédiaire et la zone large.

numéro de maille (côte vers large)	Radiales													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1			19,90								36,97			
2			49,16							33,86	61,13			
3		28,60	70,35			35,70	18,14			67,01	80,48		18,75	
4		47,40	79,98	32,75		67,00	33,02			67,01	80,48		48,10	36,77
5		55,31	84,02	52,79		77,18	38,41	-3,02	26,28	71,56	84,48		53,02	67,55
6	35,00	54,56	84,31	64,33	1,90	75,03	41,27	-8,12	47,45	76,12	88,02	35,96	57,11	79,59
7	50,71	50,80	86,74	70,43	2,53	77,39	42,68	-14,82	54,24	78,16	90,68	44,79	69,83	84,28
8	62,57	51,10	87,94	74,64	14,12	79,25		-32,69	59,05	81,79	92,36	48,04	80,79	
9	63,22		88,54	75,92	17,10	81,10			60,42	83,82	93,05	48,91	87,53	
10				75,85	20,20				60,81	84,90		48,96	90,09	
11				75,40					61,50				91,69	
12				74,65									92,50	

- Pour la façade méditerranéenne

Aucun seuil n'a été préalablement défini dans le cadre de la DCSMM ni dans le cadre de la convention de Barcelone. Il n'y a pas de données de modélisation "pristine" (estimation des concentrations en nutriments en mer à partir de flux continentaux équivalent à une époque où l'Homme n'avait pas d'influence sur son environnement) disponible pour la SRM MO, cette approche n'a pas pu être testée. Pour garder une homogénéité méthodologique avec les autres sous-régions marine, la méthode du coefficient d'abattement a été testée pour les nitrates à partir du seuil DCE de l'écotype 1 (10 NTU). Ce coefficient d'abattement a été calculé en fonction de droite de dilution de la turbidité moyenne mensuelle le long d'une radiale côte large partant de l'embouchure du Rhône (Figure 11). Un coefficient d'abattement de 50 % (arrondi à la dizaine supérieure) pour la zone intermédiaire donnant un seuil de 5 NTU et un coefficient d'abattement de 80 % (arrondi à la dizaine supérieure) pour la zone large donnant un seuil à de 2 NTU ont été calculés (Tableau 15).

Tableau 15. Pourcentage de diminution (%) de la turbidité par rapport à la première maille de la radiale "Rhône" (Figure 11). La ligne marque la limite entre la zone intermédiaire et la zone large.

		Radiale "Rhône"
Numéro de maille (côte vers large)	2	42,23
	3	57,70
	4	66,19
	5	71,21
	6	75,26
	7	78,50
	8	80,27
	9	81,03
	10	81,82

Le dépassement de ces seuils par l'indicateur transparence implique un déclassement de la masse d'eau ou la maille considérée pour le critère D5C4.

3.3.4.4. Unité géographique d'évaluation

Le critère D5C4 a été évalué dans chaque UGE détaillé au chapitre 3.2.

3.3.4.5. Confiance et précision

Les données de transparence ayant les mêmes sources pour la côte que les données de concentration en NID, le lecteur peut se reporter au chapitre 3.3.1.5 en ce qui concerne la confiance et la précision relatives à l'indicateur transparence.

3.3.4.6. Correspondance avec les programmes de surveillance du PAMM

Le critère transparence est en lien direct avec le sous-programme 2: Physico-chimie du programme de surveillance « Eutrophisation ». Ce sous-programme est également traité au sein du programme de surveillance « Changements Hydrographiques ».

3.3.4.7. Liens avec les autres critères et indicateurs du BEE

En tant que critère pouvant potentiellement avoir un impact sur les organismes vivant dans la colonne d'eau le D5C4 peut avoir des liens avec le descripteur 1 – habitats pélagiques. La turbidité de surface est aussi utile aux descripteurs 6 (intégrité des fonds marins) et 7 (conditions hydrographiques) en tant que signature des remises en suspension sédimentaires dans la colonne d'eau.

3.3.5. Critère D5C5 : Concentration en oxygène dissous au fond de la colonne d'eau

3.3.5.1. Réseaux de mesure et méthodologie

- En zone côtière

Les données de concentration en oxygène utilisées pour l'évaluation à la côte (< 1 mn) sont acquises au minimum une fois par mois (entre juin et septembre) à marée haute, 1 m au-dessus du fond pour préserver le matériel qui ne doit pas traîner sur le fond, par le biais du réseau REPHY de l'Ifremer comprenant les réseaux régionaux : le SRN, ARCHYD, RLM et également le RHLN.

La mesure de l'oxygène dissous dans l'eau est réalisée grâce à l'utilisation d'une sonde multi-paramètre déployée selon des profils verticaux.

- En zones intermédiaire et large

En zones intermédiaire et large, les données de concentration en oxygène sont issues du modèle hydrodynamique ECO-MARS3D (> 1 mn) pour la partie Atlantique-Manche Mer du Nord, et du modèle biogéochimique 3DVAR-OGSTM-BFM associé au modèle hydrodynamique Med-Currents pour la sous-région marine méditerranée (voir chapitre 3.4).

Le modèle hydrodynamique ECO-MARS3D inclut une "couche" de fond simulant la bathymétrie réelle, il est alors très simple de récupérer les données de concentration en oxygène au fond (disponibles sur une même "couche"). Le modèle 3DVAR-OGSTM-BFM ne dispose pas d'une telle couche bathymétrique, il dispose de couches linéaires (une couche pour une profondeur), plus difficiles à traiter dans le cas présent puisqu'il faut extraire les données sur de nombreuses couches différentes et qui ne sont pas automatiquement identifiables. Pour la Méditerranée, ce sont donc les données de surface qui ont été retenues pour cette évaluation ce qui diffère quelque peu de la norme préconisée par la Décision 2017/848/UE (voir chapitre 2.2.6).

3.3.5.2. Métrique

Ce critère sera renseigné par l'indicateur oxygène dont la métrique est le percentile 10 (P10) de la concentration en oxygène au fond par masse d'eau DCE à la côte et par maille en zones intermédiaire et large (Figure 5) pour l'ensemble de la période considérée (2010-2016). Le P10 est calculé comme suit :

$$P_{10} = (1 - g)_{X_j} + g_{X_{j+1}}$$

avec

P_{10} : valeur de la métrique

$X_1 X_2 \dots X_n$: valeurs ordonnées du paramètre

n : nombre de valeurs pour le paramètre

et j : partie entière et g partie fractionnaire de np telles que $np = j + g$ où $p = 0,1$.

Le résultat du calcul de la métrique est ensuite confronté à une valeur seuil pour déterminer l'atteinte ou non du BEE dans l'UGE considéré.

3.3.5.3. Méthode de fixation des seuils

Dans le cadre de la DCE, la valeur de référence utilisée pour le bilan d'oxygène à la côte a été calculée selon le principe adopté par le Groupe d'Intercalibration pour le calcul de la valeur de référence de la chlorophylle-*a*. Pour l'oxygène il est de 8,33 mg.l⁻¹. La valeur de l'RQE pour la limite Bon / Moyen étant de 0,36, la valeur seuil pour la concentration en oxygène au fond est donc de 3 mg.l⁻¹. S'agissant d'une valeur seuil à caractère physiologique pour les organismes, la même valeur a été gardée pour les données des zones intermédiaire et large pour toute les SRM.

Une valeur de l'indicateur oxygène dissous inférieure au seuil indique la non atteinte du BEE pour le critère D5C5.

3.3.5.4. Unité géographique d'évaluation

Le critère D5C5 a été évalué dans chaque UGE détaillée au chapitre 3.2.

3.3.5.5. Confiance et précision

Les données de concentration en oxygène dissous ayant les mêmes sources pour la côte que les données de concentration en NID, le lecteur peut se reporter au chapitre 3.3.1.5 en ce qui concerne la confiance et la précision sur l'indicateur relatif à l'oxygène dissous.

3.3.5.6. Correspondance avec les programmes de surveillance du PAMM

Le critère D5C5 est en lien direct avec le sous-programme 2: « Physico-chimie » du programme de surveillance Eutrophisation. Ce sous-programme est également traité au sein du programme de surveillance « Changements Hydrographiques ».

3.3.5.7. Liens avec les autres critères et indicateurs du BEE

En tant que critère pouvant avoir un impact sur la physiologie des organismes vivants au fond de la colonne d'eau, le D5C5 peut potentiellement avoir un lien avec les critères D6C4 et D6C5 pour la macrofaune et la flore benthique mais également avec les poissons benthiques et démersaux du Descripteur 3 (poissons et crustacés exploités à des fins commerciales).

3.3.6. Critère D5C6 : Abondance des macroalgues opportunistes des habitats benthiques

3.3.6.1. Réseaux de mesure et méthodologie

Les données surfaciques (normes de la Décision 2017/848/UE, voir chapitre 2.2.7) sur les algues opportunistes utilisées pour l'évaluation sont mesurées par le CEVA (Centre d'Étude et de Valorisation des Algues). Elles sont obtenues à l'occasion de trois jours de survols mensuels aux heures de basse mer pendant les périodes d'échouage en mai, juillet et septembre³³. Les estimations sont effectuées par SIG sur la base d'orthophotographies aériennes géoréférencées à partir de scan 25 de l'IGN (carte IGN au 1:25 000). Les photos obtenues sont analysées et certains sites font l'objet d'un contrôle sur le terrain (prélèvement d'algue pour analyses : taxonomie, type de dépôt, mode de croissance etc.) pour consolider cette analyse.

Pour plus de détails sur la méthodologie utilisée pour effectuer les mesures surfaciques d'échouage d'algues opportunistes, se reporter au rapport Contrôle de surveillance DCE 2014 du CEVA.

3.3.6.2. Métriques

Plusieurs métriques interviennent dans le calcul de l'indicateur « macroalgues opportunistes » développé par le CEVA (Centre d'Étude et de Valorisation des Algues) dans le cadre de la DCE, en fonction du type de substrat sur lequel les algues se développent et s'échouent.

On distingue ainsi 3 types de marée verte en fonction du substrat :

- Type 1 : algues opportunistes se développant dans les baies sableuses et dont les dépôts sont mobiles.
- Type 2 : algues opportunistes ayant une phase de croissance fixée sur les platiers rocheux avant d'être arrachées et de venir s'échouer sur les plages.
- Type 3 : algues opportunistes se développant sur substrat majoritairement vaseux avec des dépôts peu mobiles.

Pour prendre en compte leurs particularités, les combinaisons de métriques varient en fonction du type de marée verte :

Métriques pour le type 1

- pourcentage maximum de l'aire potentiellement colonisable³⁴ recouverte par les algues vertes (%).
- pourcentage moyen de l'aire potentiellement colonisable recouverte par les algues vertes (%).
- fréquence des dépôts d'algues vertes dont la surface excède 1,5 % de l'aire potentiellement colonisable (%).

Métriques pour le type 2

- pourcentage des dépôts printaniers d'ulves (mai) par rapport à la surface de substrat rocheux (%).

³³ CIMAV. 2013. Suivi des proliférations d'algues vertes sur le littoral breton en complément du contrôle de surveillance DCE. 160p.

³⁴ L'aire de substrat meuble de la zone d'estran comprise entre le trait de côte et le niveau de basse mer à coefficient 120 (0 SHOM).

- pourcentage moyen des dépôts estivaux d'ulves (juillet-septembre) par rapport à la surface de substrat rocheux (%).
- pourcentage maximum de substrat meuble touché par des échouages d'ulves (%).

Métriques pour le type 3

- pourcentage maximum de l'aire potentiellement colonisable recouverte par les algues vertes (%).
- aire affectée par les dépôts d'algues vertes (ha).

Le résultat du calcul de la métrique est ensuite confronté à une valeur seuil pour déterminer l'atteinte ou non du BEE dans l'UGE considéré.

3.3.6.3. Méthode de fixation des seuils

Pour chaque métrique, un seuil DCE séparant la limite état Bon / état Moyen a été établi sur la base du dire d'expert et des données historiques (Tableau 16). Le détail de chaque seuil, équivalent à la classification DCE allant de mauvais à très bon, peut être trouvé dans le rapport CEVA 2011³⁵.

Tableau 16. Seuils bon/moyen applicables aux différentes métriques du critère D5C6 en fonction du type de marée verte considéré.

Métrique 1	Métrique 2	Métrique 3
Substrat Type 1		
1,50%	0,75%	30%
Substrat Type 2		
2%	1%	1,50%
Substrat Type 3		
15%	50ha	

Les résultats de chaque métrique aboutissent à la détermination d'un ratio de qualité écologique (RQE) dont le résultat est compris entre 0 et 1 (une métrique = un indice = un RQE). Le RQE se calcule de la façon suivante :

$$RQE_m = RQE_{sup} - \left[\frac{Valeur_{métrique} - seuil_{inf}}{seuil_{sup} - seuil_{inf}} \times (RQE_{sup} - RQE_{inf}) \right]$$

avec :

RQE_m : RQE de la métrique

$Valeur_{métrique}$: valeur calculé pour la métrique

$seuil_{sup}$: seuil supérieur de l'intervalle de seuil correspondant à la valeur calculé pour la métrique

$seuil_{inf}$: seuil inférieur de l'intervalle de seuil correspondant à la valeur calculé pour la métrique

³⁵ CEVA. 2011. Classement des masses d'eau côtières des bassins Loire-Bretagne et Seine-Normandie à partir de l'élément de qualité macroalgues de bloom dans le cadre de la DCE. LER/FBN/DN 11-2-23523024). 58p.

RQE_{sup} : seuil RQE supérieur de l'intervalle RQE correspondant à la valeur calculé pour la métrique

RQE_{inf} : seuil RQE inférieur de l'intervalle RQE correspondant à la valeur calculé pour la métrique

La valeur de l'indicateur pour une MEC est obtenue en faisant la moyenne des RQE calculés pour les 2 ou 3 métriques suivant le type de marée verte (1 type de marée verte par MEC). La valeur de l'indicateur est comparée à une grille de qualité. La limite état bon / état moyen est de 0,6 pour les types 1, 2 et 3. Une masse d'eau DCE correspondant à un seul type de substrat, il y a une valeur d'indicateur par MEC (pas de combinaison de métriques de types différents).

Le dépassement de ce seuil (0,6) par l'indicateur « macroalgues opportunistes » entraîne le déclassement de la masse d'eau côtière considérée pour le critère D5C6.

3.3.6.4. Unité géographique d'évaluation

Le critère D5C6 a été évalué dans les masses d'eau côtières DCE des SRM MMN, MC et GdG qui représentent les UGE côtières (voir chapitre 3.2). Les proliférations d'algues opportunistes ne s'exprimant qu'au niveau côtier des eaux françaises à travers les phénomènes d'échouages, une évaluation de ce critère n'est pas pertinente dans les UGE des zones intermédiaire et large. Il n'est pas non plus pertinent de l'évaluer dans la SRM MO, puisqu'il n'y a pas d'échouage d'algues opportunistes répertorié.

3.3.6.5. Confiance et précision

Les données sont qualifiées et validées par des experts du CEVA avant leur bancarisation dans une base de données pluriannuelle. Il n'y a pas de calcul d'indice de confiance et de précision pour cet indicateur.

3.3.6.6. Correspondance avec les programmes de surveillance du PAMM

Le critère D5C6 est en lien direct avec le Sous-programme 6 : « Marées Vertes » du programme de surveillance Eutrophisation.

3.3.6.7. Liens avec les autres critères et indicateurs du BEE

En tant que critère associé au benthos, le D5C6 peut potentiellement avoir un lien avec les critères du descripteur 6, Habitats Benthiques.

3.3.7. Critère D5C7 : Communautés de macrophytes des habitats benthiques.

3.3.7.1. Réseaux de mesure et méthodologie

Les mesures des différentes métriques sont réalisées dans le cadre du suivi REBENT-DCE.

- Pour les macroalgues de substrat rocheux :

Pour la façade Manche-Atlantique, les mesures s'effectuent entre mars et juillet, une fois par an, deux fois par plan de gestion (1 / 3 ans), tout type de substrat. En zone subtidale, la fréquence peut s'étendre à tous les ans pour les zones où la variabilité annuelle des paramètres suivis est importantes.

Pour la façade méditerranéenne, les prélèvements se font entre avril et juin, une fois par an, et une fois par plan de gestion (1 / 6 ans).

- Pour les angiospermes :

Pour la façade Manche-Atlantique, les mesures s'effectuent d'août à septembre, une fois par an tous les ans du plan de gestion pour le suivi stationnel (6 / 6 ans), et une fois par an pendant une année du plan de gestion pour le suivi surfacique (1 / 6 ans).

Pour la façade méditerranéenne, les mesures s'effectuent au printemps, une fois par an deux fois pendant le plan de gestion (2 / 6 ans).

3.3.7.2. Métriques

Plusieurs indicateurs DCE multimétriques interviennent dans l'évaluation du critère D5C7, en fonction de la zone de balancement des marées sur laquelle les algues se développent.

Pour les macroalgues :

- Façade manche-atlantique (indice CCO)

Zone intertidale : couverture de chaque ceinture d'algues (%), recouvrement par les espèces d'algues caractéristiques pour chaque ceinture (%), recouvrement par les espèces d'algues opportunistes pour chaque ceinture (%).

Zone subtidale : la limite d'extension en profondeur des ceintures (m), la densité des espèces définissant l'étagement (individu.m^{-3}), la densité des algues opportunistes (ind.m^{-3}), le nombre d'espèces caractéristiques, la présence d'espèces indicatrices de bon état écologique, la richesse spécifique totale et la longueur des stipes³⁶ de *Laminaria hyperborea* (cm) et la surface d'épibioses (m^2).

³⁶ Fausse-tige souvent reliée au substrat par un ou plusieurs crampons (haptères) et supporte la fronde (ou lame).

- Façade méditerranéenne (indice CARLIT, Ballestros *et al.*, 2007)³⁷

Zone médiolittorale : 1- le linéaire côtier rocheux occupé par les diverses communautés d'algues et d'invertébrés (m), 2 - la sensibilité des communautés aux perturbations (un niveau de sensibilité compris entre 1 (peu sensible) à 20 (très sensible) est associé à chaque communauté algale recensée.

Pour les angiospermes :

- Façade manche-atlantique

Seules les espèces *Zostera marina* (zone infralittorale) et *Zostera noltei* (zone médiolittorale) sont considérées. Trois métriques sont utilisées : la composition taxonomique (seuil bon / moyen atteint si disparition de *Z. marina* mais persistance de *Z. noltei*), l'évolution de l'extension spatiale de l'herbier (ha) (seuil bon / moyen atteint au-delà de 20% de perte de l'herbier, toutes espèces confondues) et l'évolution de la densité des herbiers (seuils bon / moyen atteint au-delà de 20% de perte de densité de l'herbier).

- Façade méditerranéenne (indice PREI)

Seule l'espèce *Posidonia oceanica* est considérée. Les métriques utilisées sont la limite inférieure de l'herbier (m), le type de limite inférieure (franche, progressive, régressive), la densité des faisceaux à -15 m (nb faisceaux/m²), la surface foliaire par faisceau, mesurée en laboratoire, prélevés à -15 m (cm²/faisceau) et le rapport biomasse/épibiontes et biomasse des feuilles d'un faisceau.

Le résultat du calcul de la métrique est ensuite confronté à une valeur seuil pour déterminer l'atteinte ou non du BEE dans l'UGE considéré.

3.3.7.3. Méthode de fixation des seuils

Pour les macroalgues :

- Façade manche-atlantique

Chaque métrique est associée à un système de notation allant de 0 à 20-40 (de la pire à la meilleure). Pour chaque zone de balancement des marées, ces notes sont additionnées (note maximale de 100).

Pour la zone intertidale, il n'y a pas de valeurs de référence. L'indicateur appelé CCO (Cover Characteristic Opportunistic) est calculé en faisant la somme des notes attribuées aux métriques puis divisé par 100 pour obtenir un RQE. La limite entre bon état et état moyen étant 0,6³⁸.

³⁷ Ballesteros E, Torras X, Pinedo S, Garcia M, Mangialajo L et de Torres M. 2007. A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive. Mar. Poll. Bull., 55, 172–180.

³⁸ Ar Gall Erwan, Le Duff Michel, 2010. Protocole d'observation in situ et proposition de calcul d'un indice de qualité pour le suivi des macroalgues sur les estrans intertidaux rocheux dans le cadre DCE - Mai 2010. 9p.

Pour la zone subtidale, le résultat de la somme est rapporté à une valeur de référence calculée sur des sites peu ou pas impactés par les pressions anthropiques pour obtenir un RQE (calcul inspiré du modèle CFR espagnol). Si plusieurs sites sont présents dans la même masse d'eau, le RQE moyen des sites est calculé pour qualifier la masse d'eau. Les valeurs de référence sont 74,8 pour les côtes rocheuses peu turbides, de 56,8 pour côtes sablo-vaseuses peu turbides et de 80,8 pour les côtes rocheuses ou sablo-vaseuses turbides. Le RQE obtenu est comparé à une grille qualité, la limite non état / état moyen est de 0,65³⁹.

- Façade méditerranéenne

Pour obtenir le RQE, le résultat de la somme des notes associées à chaque métrique est rapporté à une valeur de référence calculée sur des sites peu ou pas impactés par les pressions anthropiques avant d'être comparé à la grille qualité. Les valeurs de référence étant 12,2 pour les blocs décimétriques naturels ou artificiels, 16,6 pour les côtes basses naturelles ou artificielles et 15,3 pour les côtes hautes naturelles ou artificielles. Le RQE obtenu est comparé à une grille qualité dont la limite bon état / état moyen est de 0,60⁴⁰.

Pour les angiospermes :

- Façade manche-atlantique

Les valeurs de référence concernant les Zostères sont spécifiques à chaque masse d'eau évaluée et correspondent au meilleur état historique connu de l'herbier. L'indicateur est calculé en effectuant une moyenne des RQE des 3 métriques (RQE obtenu sur dire d'experts)⁴¹. La valeur obtenue est comparée à une grille qualité, la limite bon état / état moyen est à 0,6.

Le dépassement de ces seuils par l'un des indicateurs DCE entraîne le déclassement de la masse d'eau considérée pour le critère D5C7.

- Façade méditerranéenne

Pour les herbiers à Posidonie, les valeurs de référence pour la métrique 1 est de 37 en PACA et 41 en Corse; pour la métrique 3 de 675 en PACA et 483 en Corse; pour la métrique 4 de 465 en PACA et 546 en Corse et pour la métrique 5 de 0 en PACA et en Corse. L'indicateur est calculé à partir de ces différents indices, le RQE obtenu est comparé à une grille qualité dont la limite bon état / état moyen est à 0,550⁴².

³⁹ Derrien-Courtél Sandrine, Le Gal Aodren, 2011. Suivi des macroalgues subtidales de la façade Manche-Atlantique - Rapport final - Convention 2010 - Action 5. Onema, Ref. Convention Onema-Ifremer 2010, 49p.

⁴⁰ Thibaut T., Markovic L., Blanfuné, A. 2010. Préfiguration du réseau macroalgues – Bassin Rhône Méditerranée Corse – Application de la directive Cadre Eau - Rapport d'état écologique des masses d'eau. Littoral rocheux de la Corse. Contrat Agence de l'Eau RMC – Unsa : 24 p.

⁴¹ Auby Isabelle, Oger-Jeanneret Helene, Sauriau Pierre-Guy, Hily Christian, Barille Laurent (2010). Angiospermes des côtes françaises Manche-Atlantique. Propositions pour un indicateur DCE et premières estimations de la qualité. RST/LER/MPL/10-15.

⁴² Sartoretto, S., 2008. Soutien méthodologique à la mise en œuvre de la Directive Cadre Eau (item : Herbier de Posidonie) - Validation du protocole de calcul de l'EQR (District Rhône et côtiers méditerranéens). 30p.

Pour les masses d'eau réunissant des macroalgues intertidales, subtidales et des angiospermes, l'évaluation du critère D5C7 est obtenue en prenant l'indicateur le plus déclassant de la masse d'eau comme suggéré dans le rapport sur l'étude de la méthode d'Agrégation des sous-éléments de qualité de l'élément de qualité « Flore autre que phytoplancton »⁴³.

Le dépassement de ces seuils par l'indicateur macroalgues ou herbiers pérennes entraîne le déclassement de la masse d'eau considérée pour le critère D5C7.

3.3.7.4. Unité géographique d'évaluation

Le critère D5C7 a été évalué dans les masses d'eau côtières DCE qui représentent les UGE côtières (voir chapitre 3.2).

Les herbiers et macroalgues pérennes ne se développent pas sous une certaine profondeur (besoin de lumière), et la profondeur étant généralement proportionnelle à l'éloignement de la côte, la plupart de ces herbiers et population de macroalgues sont majoritairement situés en zone côtière. Ainsi, une évaluation de ce critère dans les zones intermédiaire et du large n'est pas pertinente.

3.3.7.5. Confiance et précision

A ce jour, il n'y a pas de calcul d'indice de confiance et de précision pour ce critère.

3.3.7.6. Correspondance avec les programmes de surveillance du PAMM

L'évaluation du critère D5C7 est en lien direct avec le Sous-programme 4 : « Macroalgues et herbiers de phanérogames » du Programme de Surveillance « Eutrophisation ». Le Sous-programme 4 est également une sous-partie des sous-programmes « répartition et étendue des habitats benthiques côtiers et du plateau », « état écologique des habitats intertidaux », « état écologique des habitats subtidaux côtiers de substrats meubles » et « état écologique des habitats subtidaux côtiers de substrats durs » du programme de surveillance « habitats benthiques et intégrité des fonds », qui décrivent le suivi d'un nombre d'habitats plus important pour le besoin du suivi écologique des habitats benthiques.

3.3.7.7. Liens avec les autres critères et indicateurs du BEE

En tant que critère associé au benthos, le D5C6 peut potentiellement avoir un lien avec les critères du descripteur 6, Habitats Benthiques.

⁴³ Miossec L. 2016. Etudes méthodologiques développées à l'échelle nationale - Agrégation des sous-éléments de qualité de l'élément de qualité « Flore autre que phytoplancton ». Rapport Onema Convention 2015. 23p.

3.3.8. Critère D5C8 : Macrofaune benthique

Les équipes du D1-Habitats benthiques (NB : D6C4 et D6C5) ne cautionnent pas l'utilisation des indicateurs AMBI et M/AMBI pour caractériser l'état des communautés benthiques vis-à-vis de la pression d'eutrophisation. Aussi, AMBI/M-AMBI ne sera pas calculé/utilisé pour le renseignement du D6C5. D'autres indicateurs sont en cours de développement, notamment dans le cadre du projet BenthVal⁴⁴ (Valorisation de la base de données Macrofaune benthique du RESOMAR), dont les résultats n'ont pas encore été publiés. L'option retenue est donc de privilégier le recours au critère primaire oxygène dissous (D5C5) dans l'attente des conclusions quant au développement d'autres indicateurs plus pertinents.

Ce critère ne sera donc pas renseigné par la France pour l'évaluation DCSMM 2018.

3.3.9. Synthèse des critères pour l'évaluation du bon état écologique (BEE)

L'évaluation du descripteur 5 fait donc appel à un panel d'indicateurs variés, mesurés à des échelles temporelles pertinentes au regard de l'élément biologique qu'il doit évaluer (Tableau 17) et qui sont confronté à autant de seuil indiquant leur atteinte du bon état écologique (Tableau 18).

Sur les 8 critères définissant l'atteinte du BEE dans le cadre du descripteur 5 de la DCSMM certains ne sont pas utilisés à tous les niveaux d'organisation géographique (Tableau 19). Le D5C3 ainsi que le D5C8 n'ont pas été évalués. Le D5C6 et le D5C7 ont seulement été évalués en zone côtière et les éléments composant l'évaluation du D5C1 ont été différents en fonction de la zone.

⁴⁴ <http://www.agence-nationale-recherche.fr/Projet-ANR-13-BSV7-0006>

Tableau 17. Liste des indicateurs et métriques utilisés pour chaque critère. Fréquences et périodes de prélèvement/mesure des données servant à alimenter les calculs d'indicateur pour la bande côtière (< 1 mn). Les spécificités de chaque SRM sont indiquées.

Critères	Indicateur(s)/métriques(s)	Unités	Fréquences (DCE)	Périodes (DCE)
D5C1	<u>Côte</u> : concentration en NID normalisé à 33 de salinité <u>Large</u> : médiane de la concentration en nitrate	μmol.l-1	Mensuelle	MMN, MC et GdG : novembre à février MO : toute l'année
D5C2	P90 de la concentration en chlorophylle- <i>a</i>	μg.l-1	Mensuelle	MMN, MC et GdG : mars à octobre MO : toute l'année
D5C3	Non utilisé pour l'évaluation			
D5C4	P90 de la turbidité de la masse d'eau	NTU	Mensuelle	Mars à octobre
D5C5	P10 de la concentration en oxygène au fond	mg.l-1	Mensuelle	Juin à septembre
D5C6	Pourcentage moyen et maximum de recouvrement, aire potentiellement colonisable, fréquence des dépôts	RQE	Mensuelle	Mai, juillet et septembre
D5C7	Repartition, diversité, abondance et morphologie en fonction du type de substrat des macroalgues	RQE	MMN, MC et GdG : 1 fois tous les 3 ans MO : 1 fois tous les 6 ans	MMN, MC et GdG : entre mars et juillet MO : entre avril et juin
D5C7	Repartition, diversité, abondance et morphologie en fonction du type de substrat des angiospermes	RQE	MMN, MC et GdG : 1 fois par an (1 fois tous les 6 ans pour le suivi surgacique) MO : 1 fois tous les 3 ans	MMN, MC et GdG : entre aout et septembre MO : au printemps
D5C8	Non utilisé pour l'évaluation			

Tableau 18. Ensemble des seuils utilisés pour l'évaluation des critères du descripteur 5, par façades et par indicateurs.

Critères	"Indicateurs"	Façade Manche-Atlantique		
		Côte	Intermédiaire	Large
D5C1	NID33	29 $\mu\text{mol.l}^{-1}$	x	x
	NO ₃	x	24,65 $\mu\text{mol.l}^{-1}$	20,3 $\mu\text{mol.l}^{-1}$
	PID	x	0,8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$	0,8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$
D5C2	P90 Chla	NEA 1/26a : 10 $\mu\text{g.l}^{-1}$ NEA 1/26b : 15 $\mu\text{g.l}^{-1}$	NEA 1/26a : 5 $\mu\text{g.l}^{-1}$ NEA 1/26b : 7,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$	NEA 1/26a : 4 $\mu\text{g.l}^{-1}$ NEA 1/26b : 6 $\mu\text{g.l}^{-1}$
D5C4	P90 Turb	1 : 10 NTU 3 : 45 NTU	7 NTU	3 NTU
D5C5	P10 O ₂	3 mg.l^{-1}	3 mg.l^{-1}	3 mg.l^{-1}
D5C6	RQE	0,6	x	x
D5C7	RQE	Macroalgues inter. : 0,6 Macroalgues sub. : 0,65 Angiospermes : 0,6	x	x
Critères	"Indicateurs"	Façade Méditerranéenne		
		Côte	Intermédiaire	Large
D5C1	NID33	x	x	x
	NO ₃	x	20,3 $\mu\text{mol.l}^{-1}$	8,7 $\mu\text{mol.l}^{-1}$
	PID	x	0,56 $\mu\text{mol.l}^{-1}$	0,24 $\mu\text{mol.l}^{-1}$
D5C2	P90 Chla	1 : 10 $\mu\text{g.l}^{-1}$ 2A : 3,6 $\mu\text{g.l}^{-1}$ 3W : 1,8 $\mu\text{g.l}^{-1}$ W : 1,22 $\mu\text{g.l}^{-1}$	2 $\mu\text{g.l}^{-1}$	1,44 $\mu\text{g.l}^{-1}$
D5C4	P90 Turb	1 : 10 NTU 3 : 45 NTU	5 NTU	2 NTU
D5C5	P10 O ₂	3 mg.l^{-1}	3 mg.l^{-1}	3 mg.l^{-1}
D5C6	RQE	x	x	x
D5C7	RQE	Macroalgues : 0,6 Angiospermes : 0,55	x	x

Tableau 19. Critères retenus pour l'évaluation de l'état d'eutrophisation des eaux marines françaises par sous-région marine pour la zone côtière (< 1 mn) et pour les zones intermédiaire et large (> 1 mn) rassemblés sous l'intitulé "large". Pour la côte, des données *in situ* ont été utilisées. Pour le large, des données issues des produits des images satellite et de la modélisation ont été utilisées.

Critères	Elements	Sous-régions marines			
		MMN, GdG, MC		MO	
		Côte	Large	Côte	Large
D5C1	Nutriments	X ^a	X ^c		X ^c
D5C2	Chlorophylle-a	X	X	X	X
D5C3	Algues toxiques				
D5C4	Transparence de l'eau	X ^b	X ^b	X ^b	X ^b
D5C5	Oxygène au fond	X	X	X	X ^d
D5C6	Algues opportunistes	X			
D5C7	Herbier et macro. perennes	X		X	
D5C8	Macrofaune benthique				

a uniquement NID (Nitrates + Nitrites + Ammonium)

b mesuré en NTU (et pas en mètre)

c uniquement Nitrates et PID

d oxygène en surface

3.4. Utilisation des données issues des images satellites et de la modélisation.

3.4.1. Généralités

L'évaluation des masses d'eau au-delà de 1 mn à partir du trait de côte ne bénéficiant pas de la même couverture spatio-temporelle en terme de réseau de surveillance que la bande côtière, des solutions alternatives sont proposées pour permettre d'effectuer une évaluation pertinente au regard des problèmes d'eutrophisation au large (les masses d'eau DCE relativement bien surveillées ne représentent que 5 à 12 % de la surface totale des SRM). Ainsi, l'analyse des produits issus des images satellites et de la modélisation peut présenter une complémentarité intéressante avec l'utilisation des données *in situ* pour l'évaluation de l'effet de l'eutrophisation au large. Il convient toutefois de rappeler que cette solution ne remplace pas la nécessité d'acquérir des données sur le terrain. En effet, les modèles et algorithmes de traitement de la couleur de l'eau ne peuvent être correctement calibrés et validés qu'à partir de données *in situ* représentatives des régions investiguées et de la variabilité à différentes échelles de temps et d'espace qui les caractérisent.

L'utilisation de ces produits dans le cadre de l'évaluation ne se fait pas aussi directement que celle des données *in situ*. Là où les scripts de calcul des indicateurs utilisent des données ponctuelles (mesurées à une échelle mensuelle ou hebdomadaire au maximum), provenant de bases de données où elles sont stockées au format colonne ou ligne, les données contenues dans les produits issus de la modélisation et des images satellite se présentent sous forme de matrice géo-référencée, à plus ou moins grande résolution (Figure 16). La quantité de données présentes par image, multipliée par le nombre de jours considérés sur la période concernée, rend indispensable la synthèse de l'information à l'échelle d'UGE et rend également fastidieux le traitement d'un tel volume de données.

3.4.2. Traitement des données

Le traitement de ces produits se fait donc en plusieurs étapes (Figure 16) au travers de scripts programmés en langage R⁴⁵ (annexe 11.1) :

- 1- Compilation de toutes les matrices (sous forme de raster GeoTiff ou NetCDF) comprises dans les périodes qui nous intéressent et compatibles avec la stratégie DCE (Tableau 17).
- 2- Extraction des données contenues dans chacune des UGE (voir chapitre 3.2).
- 3- Calculs statistiques (médiane, quantiles, moyenne, tendances...) dans chacune de ces UGE pour synthétiser l'information à une échelle plus propice à l'interprétation et compatible avec le calcul des indicateurs.
- 4- Calcul des indicateurs par UGE et confrontation avec les seuils pour définir état des différents critères (atteinte ou non du BEE).
- 5- Intégration des critères par UGE pour définir son état (atteinte ou non du BEE).

⁴⁵ <https://cran.r-project.org/>

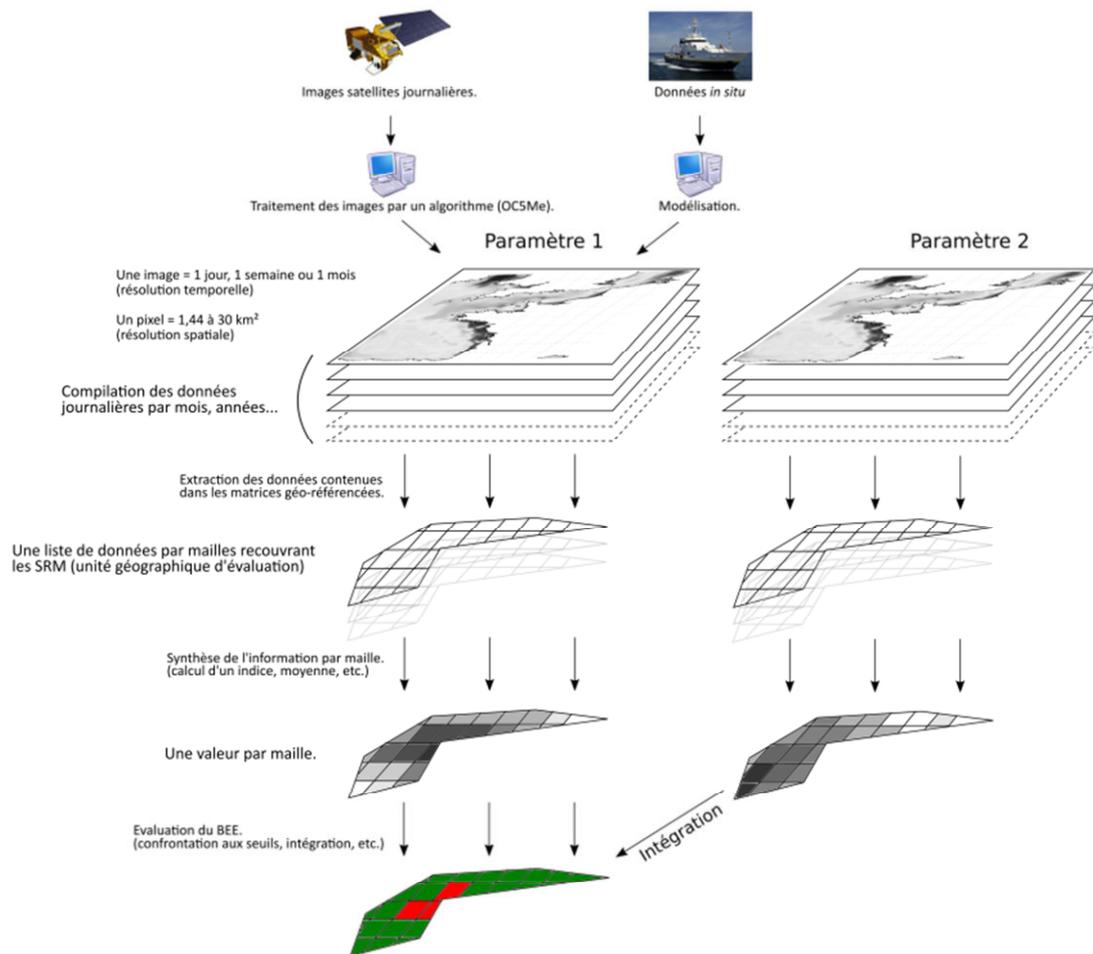


Figure 16. Protocole d'extraction des données issues des images satellite et des modèles et leur utilisation dans le cadre de l'évaluation DCSMM.

3.4.3. Caractéristiques des données

Les **produits issus des images satellite** utilisés pour effectuer l'évaluation DCSMM 2018 de l'état d'eutrophisation des eaux françaises ont les caractéristiques suivantes :

- Ils proviennent de mesures effectuées par le capteur MODIS (Medium Imaging Resolution Spectrometer) embarqué sur les satellites Aqua et Terra au cours de la période 2010-2016.
- Ils estiment les concentrations en **chlorophylle-a** ($\mu\text{g.l}^{-1}$) et la **transparence** (NTU) grâce au traitement par un algorithme développé par F. Gohin et al. (2002), l'OC5Me⁴⁶ qui prend en compte la couleur de l'eau et l'absorption des longueurs d'onde à la surface des océans.
- Ils sont obtenus à l'échelle journalière.
- Ils couvrent la totalité des sous régions marines françaises métropolitaines pour la période 2010-2016.

⁴⁶ Gohin F, Druon JN et Lampert L. 2002. A five channel chlorophyll concentration algorithm applied to SeaWiFS data processed by SeaDAS in coastal waters. *Int. J. Remote Sens.* 23, 1639–1661.

- Ils possèdent une résolution spatiale d'environ 1,4 km² par pixel (= une donnée de mesure) pour un total d'environ 265 000 pixels par image pour l'ensemble des SRM françaises de la métropole (depuis la ligne de base jusqu'à la limite de la ZEE, figure 4). Toutefois pour chaque image, tous les pixels ne sont pas exploitables sous forme de données de concentration en chlorophylle-*a* ou de transparence car certaines zones peuvent être cachées par une couverture nuageuse ce qui empêche le capteur MODIS d'effectuer des mesures de couleur de l'eau. Les données manquantes ne sont toutefois pas interpolées.
- Ils sont disponibles dans la base de données SEXTANT (format GeoTiff = matrice géo-référencée) et référencés par le chantier de collecte de données.

Les produits issus de la modélisation utilisés pour effectuer l'évaluation DCSMM 2018 de l'état d'eutrophisation des eaux françaises ont les caractéristiques suivantes :

- Pour l'Atlantique Nord-Est (SRM Manche-Mer du Nord + Mer Celtique + Golfe de Gascogne)
 - Ils proviennent de l'analyse de données issues du modèle ECO-MARS3D⁴⁷ qui est un couplage entre un module de biologie et le modèle de physique MARS 3D.
 - Ils estiment les concentrations en **nitrate**, en **PID** et en **oxygène dissous**.
 - Ils sont utilisés à l'échelle journalière.
 - Ils couvrent les sous-régions marines françaises Manche-Mer du Nord, Mer Celtique et Golfe de Gascogne pour la période 2012-2016 (hormis la pointe est de la Mer Celtique et du Golfe de Gascogne).
 - Ils possèdent une résolution spatiale de 16 km² par pixel pour un total de 14 261 données pour l'ensemble des SRM françaises de l'Atlantique Nord-Est (hormis la pointe est de la Mer Celtique et du Golfe de Gascogne).
 - Ils sont disponibles au format NetCDF sur le site du laboratoire LOPS (Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale), *via* l'application MARC⁴⁸ (Modélisation et Analyse pour la Recherche Côtière), mais ne sont pas référencés par le chantier de collecte de données.
- Pour la Méditerranée
 - Ils proviennent de la ré-analyse de données issues du modèle biogéochimique 3DVAR-OGSTM-BFM⁴⁹ associé au modèle hydrodynamique Med-Currents.
 - Ils estiment les concentrations en **nitrate**, en **PID** et en **oxygène dissous**.
 - Ils sont utilisés à l'échelle mensuelle (moyenne mensuelle des sorties de modèle).
 - Ils couvrent la sous-région marine Méditerranée Occidentale pour la période 2010 - mi-2014.
 - Ils possèdent une résolution spatiale d'environ 36 km² pour un total de 3 157 données dans cette SRM.

⁴⁷ https://marc.ifremer.fr/comment_ca_marche/modele_eco_mars3d_manche_gascogne

⁴⁸ <https://marc.ifremer.fr/>

⁴⁹ http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=MEDSEA_REANALYSIS_BIO_006_008

- Ils sont disponibles dans la base de données COPERNICUS (format NetCDF), et référencés par le chantier de collecte de données.

D'autres séries de données, issues des modèles MERCATOR Global Ocean pour l'ensemble du globe et FOAM AMM7⁵⁰ et PISCES⁵¹ pour l'Atlantique Nord-Est, sont également disponibles *via* la plateforme COPERNICUS, mais leur résolution de ½ degrés par pixel (~3 086km²) et de ~60 km² respectivement est trop élevée pour prendre en compte les processus liés à l'eutrophisation en zone intermédiaire (1 mn < d < 12 mn). De plus, les sorties de ces modèles reflètent moins fidèlement la réalité que ECO-MARS3D puisque des essais d'extraction de données ont montré, selon ces modèles, des concentrations en nutriments moindres dans le panache de l'estuaire de la Seine (pourtant gros contributeur de l'azote total en mer jusque dans la Baie Sud de la Mer du Nord) et de la Gironde, comparées à la Somme et à la Vilaine. Le choix s'est donc porté sur le modèle ECO-MARS3D pour l'Atlantique Nord-Est qui semble plus proche de la vérité terrain et qui possède une résolution plus adaptée à la problématique eutrophisation. A défaut de disponibilité d'autres modèles, nous avons gardé le modèle méditerranéen présent sur la plateforme COPERNICUS L'estimation des concentrations en oxygène au fond reste toutefois plus difficile à évaluer que les nutriments et particulièrement en zone stratifiée. Ainsi concernant la façade Atlantique, la majeure partie des estimations au sud de la Loire peuvent être considérées comme peu fiables. Il apparaît donc que même si des données peuvent être fournies par des modèles plus ou moins bien calibrés en fonction des sous-région marines, un effort de développement reste à faire pour affiner les résultats et les rendre plus fiables.

⁵⁰ http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=NORTHWESTSHELF_ANALYSIS_FORECAST_BIO_004_002_b

⁵¹ http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=IBI_ANALYSIS_FORECAST_BIO_005_004

3.5. Méthode d'évaluation du descripteur

Différents aspects interviennent dans le processus d'évaluation du descripteur. Outre le calcul des métriques et indices présenté dans le paragraphe précédent, il faut aborder les notions d'agrégation spatiale, les résultats étant obtenus à l'échelle des UGE (il faut évaluer les SRM dans leur intégralité si possible). Il faut également aborder les notions d'agrégation temporelle, les calculs d'indicateur étant basés sur des données mesurées à des fréquences journalières à mensuelles sur une période pluriannuelle. A cela s'ajoute l'aspect intégration des critères puisqu'il faut synthétiser l'information donnée par chacun des 7 critères pour donner une seule évaluation relative au descripteur 5.

Ainsi, deux scénarios ont été testés pour savoir quelle méthode serait la plus appropriée pour évaluer le descripteur 5 : 1) agréger temporellement et spatialement l'information par critère à l'échelle de la SRM avant d'intégrer les différents critères (Figure 17A), et 2) intégrer les différents critères à l'échelle des unités d'évaluation avant de les agréger spatialement à l'échelle de la SRM (Figure 17B). Le scénario 2 est le plus proche de ce qui a été proposé dans le document WG GES du 10/03/2017 et il présente moins d'étapes statistiques pour arriver au résultat final (pour privilégier la simplicité de l'évaluation). Le choix du scénario 2 a fait l'objet d'un processus de validation après présentations aux experts, à la coordination nationale DCSMM, ainsi qu'à la Direction de l'Eau et de la Biodiversité.

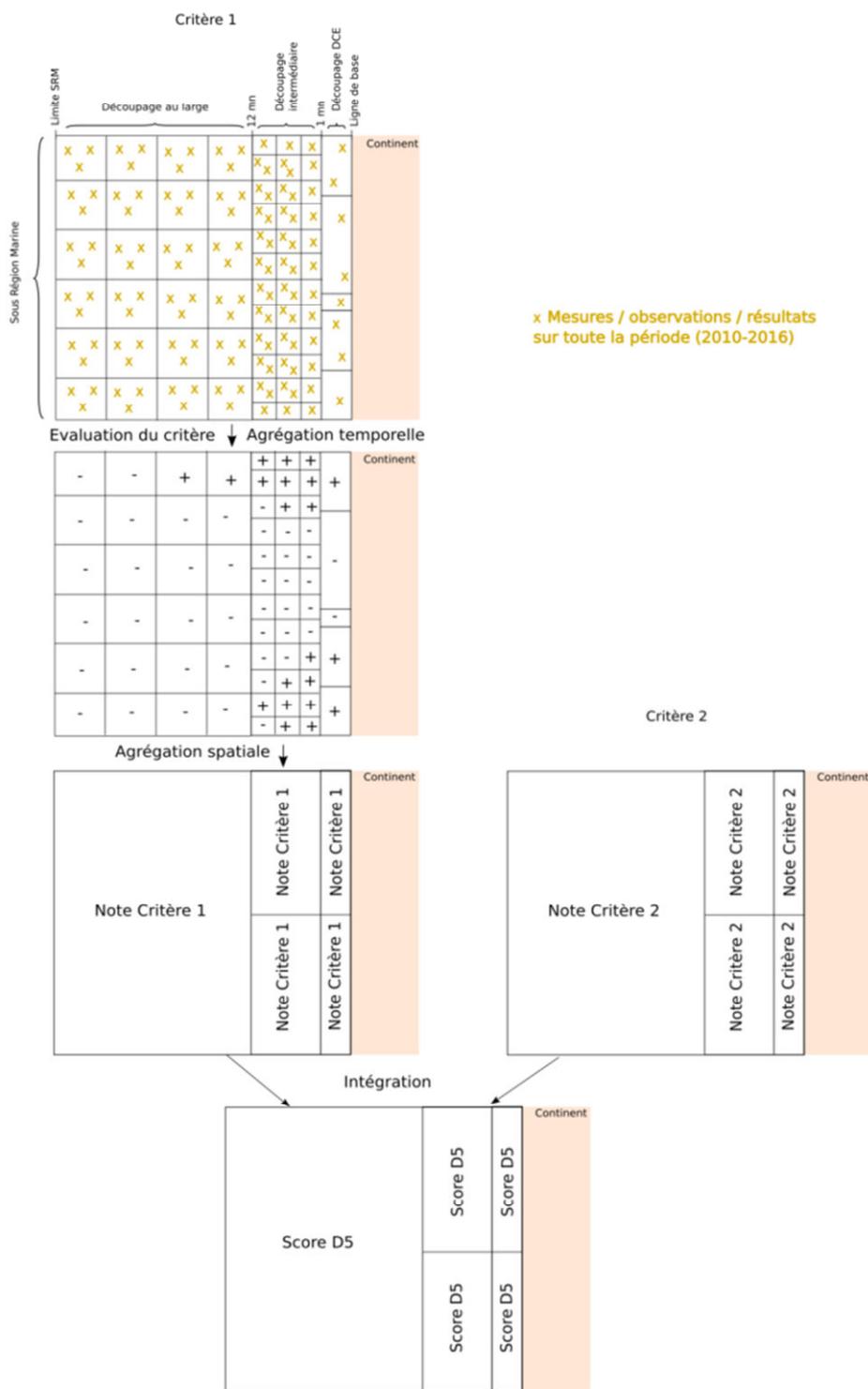


Figure 17A. Schéma conceptuel d'évaluation du descripteur 5 ; scénario 1 : l'agrégation spatiale des critères à l'échelle des SRM intervient avant leur intégration.



Figure 17B. Schéma conceptuel d'évaluation du descripteur 5 ; scénario 2 : l'agrégation spatiale des critères à l'échelle des SRM intervient après leur intégration à l'échelle des UGE.

3.5.1. Agrégation temporelle de l'information.

L'évaluation DCSMM étant effectuée sur la période 2010-2016, sans distinction de résultats intermédiaires par année (comme c'est le cas pour la COMP3 d'OSPAR⁵²⁻⁵³), l'agrégation temporelle a été faite directement lors du calcul des indicateurs en utilisant toutes les données disponibles pour la période 2010 à 2016.

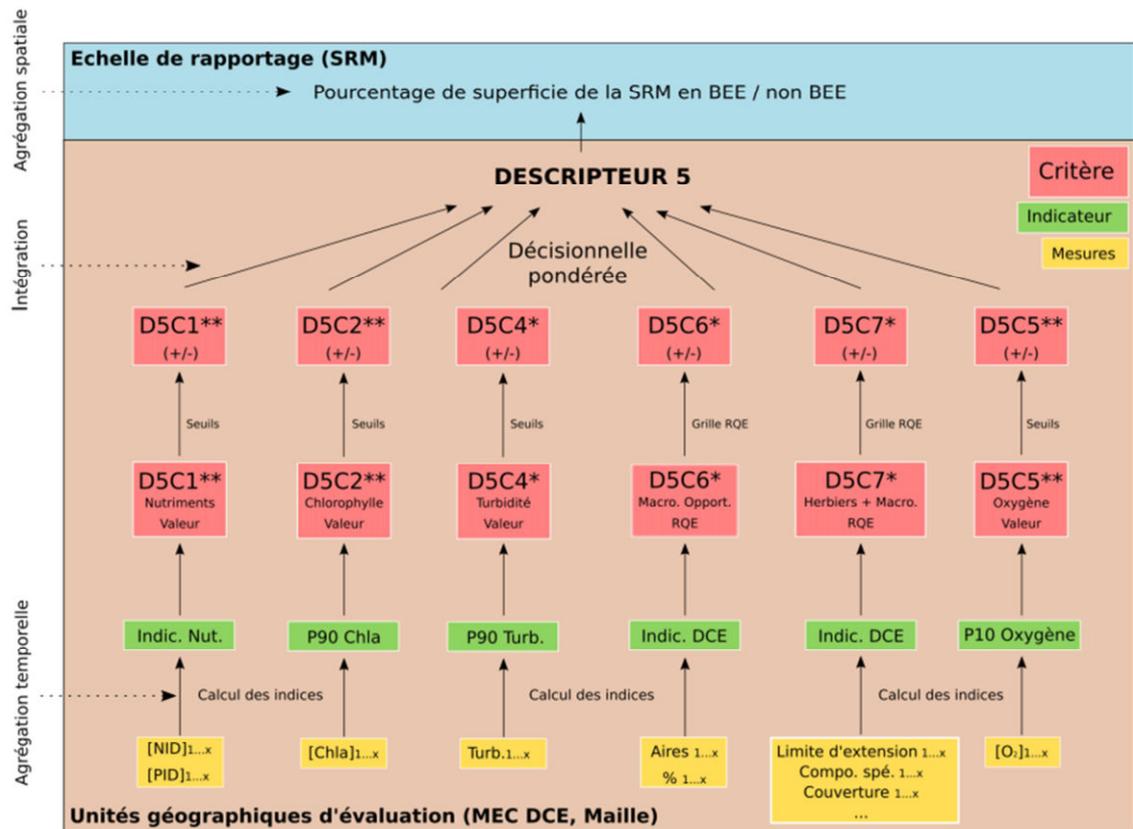


Figure 18. Schéma du processus d'évaluation du descripteur 5. Toutes les mesures comprises dans la période d'évaluation (2010-2016) sont prises en compte (1...x) pour le calcul des indicateurs. La valeur obtenue à l'issue de ce calcul (RQE ou valeur mesurée) est confrontée au seuil du critère (**primaire ou *secondaire) pour obtenir un score (+/-). Ces scores sont intégrés entre critères par UGE. La dernière étape consiste à agréger spatialement les résultats en calculant le pourcentage de superficie de la SRM en BEE et non BEE.

⁵² Devreker D et Lefebvre A. 2016. Third Application of the Comprehensive Procedure (COMP3) to determine eutrophication status of OSPAR marine waters. French national report. ODE/LITTORAL/LER.BL/16.02. 79p.

⁵³ OSPAR Commission. 2017. Eutrophication Status of the OSPAR Maritime Area. Third OSPAR Integrated Report on the Common Procedure. 175p.

3.5.2. Intégration des différents critères

L'intégration des critères se fait en deux temps, la première étape consiste à attribuer un score relatif à l'atteinte ou non du BEE par critère. Si le critère atteint le BEE (confrontation du calcul de son indicateur au seuil correspondant), le score attribué est "-"; s'il n'atteint pas le BEE, le score qui lui est attribué est "+" (Figure 18).

L'intégration des critères est faite ensuite par UGE (Figure 18) en compilant les scores suivant une classification pondérée des critères (Tableau 20). Les critères primaires déclassés dans l'UGE considérée sont associés à un score de 2 et les secondaires déclassés à un score de 1 (les critères non déclassés reçoivent un score de 0). A la côte (> 1 mn), la somme des critères ne doit pas dépasser 5 qui correspond environ à la moitié de la plus forte note atteignable qui est de 9 pour les 6 critères évalués, pour que l'UGE atteigne le bon état écologique. A noter l'exception du D5C6 qui, s'il est en mauvais état, décline automatiquement la masse d'eau côtière. En zones intermédiaire et large, où moins de critères sont évalués, la somme des critères d'une UGE ne doit pas dépasser 2 pour être en bon état écologique. Si dans une même UGE, les éléments phosphates et nitrates sont tous les deux évalués, alors le critère D5C1 est déclassé dès que l'un des deux éléments est déclassé.

Tableau 20. Méthode d'intégration des critères (primaire : Pr et secondaire : Sc) du descripteur 5 pour les différentes zones évaluées. Un critère primaire n'atteignant pas le BEE reçoit une note de 2, un secondaire n'atteignant pas le BEE une note de 1, un critère atteignant le BEE une note de 0. Si la somme des notes est supérieure ou égale à 5 en zone côtière ou à 3 en zones intermédiaire et large alors l'UGE n'atteint pas le BEE.

D5C1	D5C2	D5C5	D5C4	D5C7	D5C6	Score	Etat	
+	+	+	+	+	+	9	Non BEE	Zone côtière
			2 critères Sc "+"		8	Non BEE		
			1 critère Sc "+"		7	Non BEE		
			-	-	-	6	Non BEE	
2 critères Pr "+"			+	+	+	7	Non BEE	
			2 critères Sc "+"		6	Non BEE		
			1 critère Sc "+"		5	Non BEE		
1 critère Pr "+"			-	-	-	4	BEE	
			+	+	+	5	Non BEE	
			2 critères Sc "+"		-	4	BEE	
			1 critères Sc "+"		-	3	BEE	
-			-	-	-	2	BEE	
			-	-	+	1	Non BEE	
+	+	+	+			7	Non BEE	Zones intermédiaire et large
			-			6	Non BEE	
			+			5	Non BEE	
			-			4	Non BEE	
2 critères Pr "+"			+			3	Non BEE	
			-			2	BEE	
1 critère Pr "+"			+			1	BEE	
			-			0	BEE	
-			+			1	BEE	
			-			0	BEE	

3.5.3. Agrégation spatiale de l'information.

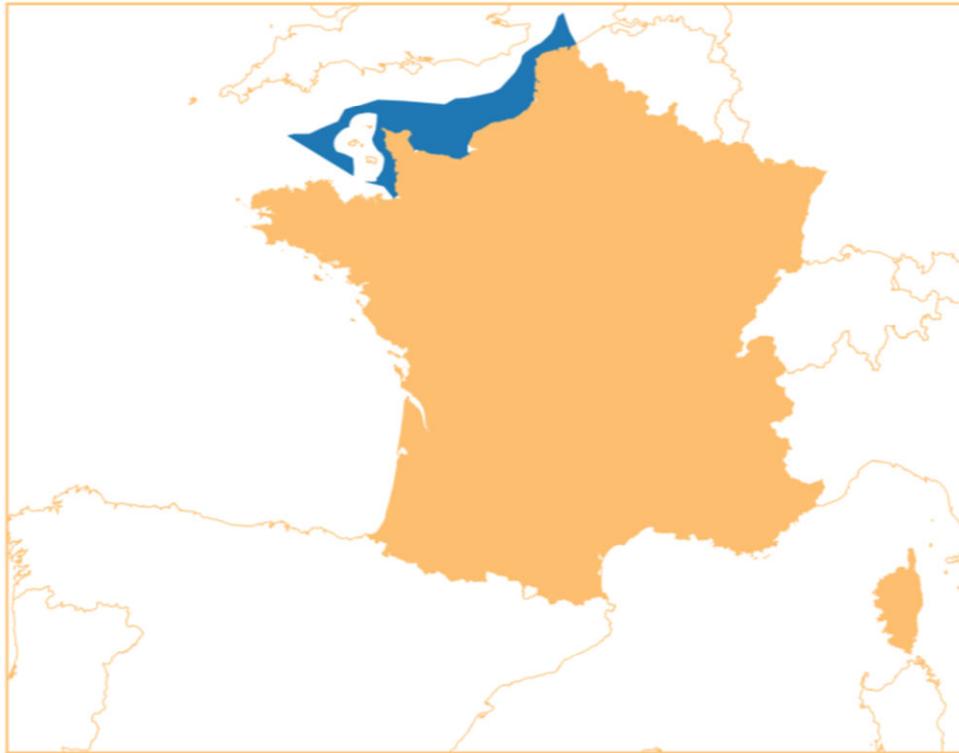
L'étape précédente permet d'obtenir une évaluation au niveau du descripteur au sein de chaque UGE (Figure 17AB) ; ces informations doivent ensuite être agrégées à l'échelle de la SRM. La superficie de ces UGE étant connue, l'étape d'agrégation spatiale consiste à calculer le pourcentage de superficie en état "BEE atteint" par rapport à la superficie en état "BEE non atteint". Cela permet également de donner quantitativement la superficie de la SRM dans chacun des 2 états.

Cette méthode, partant d'une évaluation à petite échelle vers l'échelle de la SRM permet de retrouver aisément et rétroactivement les zones de la SRM posant problèmes au regard des critères du descripteur 5.

3.5.4. Étapes supplémentaires.

La stratégie développée pour l'évaluation du descripteur 5 dans les sections précédentes a été 1- d'utiliser les données brutes, 2- de procéder à des calculs *via* des routines développées sous langage R⁴⁵ afin d'optimiser les temps de calculs et d'éviter toute manipulation des fichiers « mode supervisé » pouvant entraîner des erreurs (fautes de frappes, copier/coller malencontreux, *etc.*). Cette étape du travail aboutit ainsi à une classification dite intermédiaire basée uniquement sur l'application des formules mathématiques sur des jeux de données brutes. Afin d'améliorer l'évaluation, une classification finale est ensuite proposée après avis d'experts pour confirmation ou au contraire pour déceler des cas plus litigieux dans lesquels les caractéristiques des zones en question seraient suffisamment particulières pour ne pas pouvoir être évaluées directement par une méthode "générale" ne prenant pas en compte les spécificités locales. Ces experts sont notamment les correspondants de façade DCE et les experts du service VIGIES de l'Ifremer (listes des experts en Annexe 11.2).

4. Évaluation du descripteur 5 pour la SRM MMN



4.1. Éléments considérés pour l'évaluation du descripteur 5 dans la SRM MMN

Les éléments qui ont été utilisés pour effectuer l'évaluation du descripteur 5 sont ceux pour lesquels des données ont été identifiées et pour lesquels un seuil a pu être déterminé. Pour la SRM Manche-Mer du Nord, ces éléments ont été listés dans le chapitre 3.3.9 et le tableau 19 ; ce sont :

- la concentration en NID (azote inorganique dissous) pour la côte et en nitrates pour le large,
- la concentration en PID (phosphate inorganique dissous) pour le large,
- la concentration en chlorophylle-*a*,
- la transparence de l'eau (en NTU),
- la concentration en oxygène dissous au fond,
- les échouages de macroalgues opportunistes (non pertinent au large),
- les herbiers et macroalgues pérennes (non pertinent au large).

Tous les critères primaires du D5 sont ainsi évalués dans l'ensemble de la SRM MMN.

4.2. Données utilisées pour l'évaluation du descripteur 5 dans la SRM MMN

4.2.1. Réseaux côtiers

Les données NID (nitrate + nitrite + ammonium : D5C1), chlorophylle-*a* (D5C2), turbidité (D5C4) et oxygène (D5C5) utilisées pour l'évaluation à la côte (< 1 mn) sont mesurées par le biais du réseau régional SRN (Suivi Régional des Nutriments) et du RHLN (Figure 19) aux périodes et fréquences présentées dans le tableau 17. Le SRN et le RHLN sont des réseaux complémentaires du réseau de surveillance national REPHY dont certains points sont en voie de labellisation dans le cadre des Systèmes Nationaux d'Observation (SNO, Figure 19). Pour la SRM MMN ces points sont : Boulogne 1, Atso et Cabourg.

Une analyse des évolutions temporelles sera effectuée sur ces points en ce qui concerne le paramètre concentration en chlorophylle-*a* pour rendre compte de son évolution avant et pendant la période d'évaluation. Cette analyse a été faite *via* un test non paramétrique Mann-Kendall saisonnier^{54,55} associé à un lissage LOESS⁵⁶ pour observer plus finement les cassures de tendance dans les séries temporelles. Ces tests ont été exécutés *via* l'interface d'analyse de tendance temporelle "TTAinterface"⁵⁷ développé en langage R.

Les données mesurées dans le cadre de ces réseaux sont stockées dans la base Quadrige² d'où elles sont directement extraites pour alimenter le calcul des indicateurs DCSMM *via* des scripts développés par le service VIGIES de l'Ifremer. D'autres sources de données existent (RESOMAR, SISMER, CORIOLIS) et ont été rendues disponibles pour l'évaluation 2018, mais leur format étant différent de celui utilisé dans le cadre des routines de calcul de la DCE, leur utilisation n'a pas été possible pour cette évaluation. Les données ont été extraites sur la période 2010 - 2015 pour le calcul des indicateurs.

⁵⁴ Hirsch RM, Slack JR et Smith RA. 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data, *Water Resources Research*, 18, 107–121.

⁵⁵ Hirsch RM et Slack JR. 1984. A non parametric trend test for seasonal data with serial dependence, *Water Resources Research*, 20, 727–732.

⁵⁶ Cleveland WS, Grosse E et Shyu WM. 1992. Local regression models. Chapter 8 of *Statistical Models in S* eds J.M. Chambers and T.J. Hastie, Wadsworth & Brooks/Cole.

⁵⁷ Devreker D et Lefebvre A. 2014. TTAinterfaceTrendAnalysis: An R GUI for routine Temporal Trend Analysis and diagnostics. *Journal of Oceanography, Research and Data*, 6, 1-18.

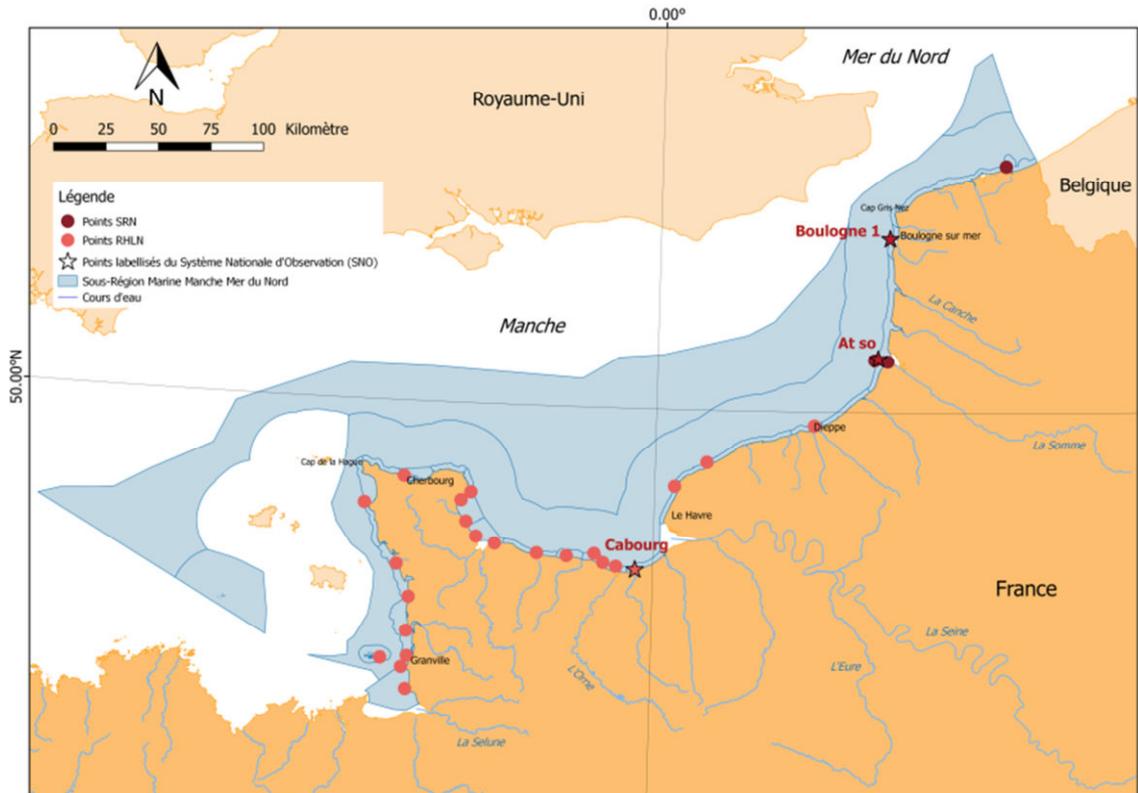


Figure 19. Points de prélèvements de la sous-région marine Manche-Mer du Nord utilisées pour effectuer l'évaluation des critères D5C1, D5C2, D5C4 et D5C5 à la côte. Les étoiles représentent les points labellisés du Système Nationale d'Observation (SNO) pour lesquels les tendances temporelles du paramètre chlorophylle-*a* ont été analysées. Source : Ifremer, DEB.

Concernant le D5C6, les données de superficie d'algues opportunistes échouées sont obtenues par survols aériens. La zone survolée pour la SRM MMN va du centre de la Baie du Mont Saint Michel (MEC FRHC02) à Dieppe (MEC FRHC18) (Figure 20 et Tableau 3). Toutefois les MEC FRHC01, FRHC05, FRHC60 et FRHC61 ne sont pas survolées, la première car la zone est trop éloignée de la ligne de survol, les autres par évitement de la zone de la centrale nucléaire de production électrique de Flamanville.

Les données utilisées pour les calculs de l'indicateur sont celles mesurées sur la période 2010 – 2015 (cycle DCE de 6 ans). Toutes les données utilisées actuellement pour calculer l'indice d'algues opportunistes DCE proviennent de la géodatabase du CEVA et devraient être totalement intégrées à Quadrigé² d'ici fin 2017. Aucune autre source de données n'a pour l'instant été identifiée comme pertinente pour renseigner cet indicateur.

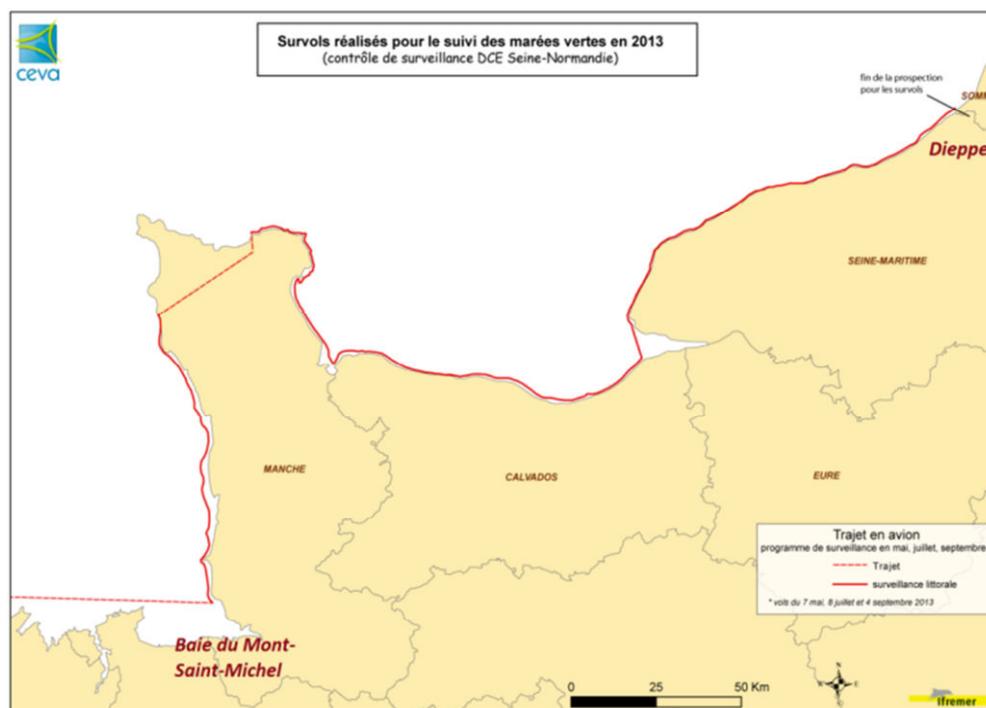


Figure 20. Linéaire survolé pour déterminer les zones d'échouage de macroalgues opportunistes et leur superficie. Sources : CEVA, REBENT 2014⁵⁸.

Toutes les données utilisées actuellement pour calculer les indices basés sur les communautés de macroalgues et herbiers pérennes (D5C7) dans le cadre de la DCE proviennent de la surveillance REBENT-DCE. Les données n'ont été qu'en partie bancarisées dans Quadrigé², et donc par défaut de centralisation, chaque laboratoire responsable des MEC de sa façade effectue le calcul de cet indicateur sur ses MEC ; les résultats de ces évaluations sont ensuite centralisés dans le cadre de la DCE puis adaptés pour les besoins de la DCSMM. La base de données RESOMAR Benthos a également été identifiée comme source potentielle de données. Toutefois, la base de données du RESOMAR n'étant pas disponible dans un format compatible avec les routines R de calcul de l'évaluation, elle ne sera pas utilisée pour l'évaluation DCSMM 2018.

4.2.2. Données des zones intermédiaire et large

Pour les zones intermédiaire et large, les données nutriments (nitrate et PID) et oxygène de fond sont issues du modèle hydrodynamique ECO-MARS3D qui fournit des données journalières pour la période 2012-2016. Le protocole d'extraction et de calcul ainsi que les caractéristiques de ces données sont détaillés dans le chapitre 3.4. Pour la SRM MMN, cela représente 602 fichiers rasters pour les nutriments et 610 pour l'oxygène contenant chacun 1 641 données pour un total de ~988 000 données par nutriment et ~ 1

⁵⁸ Garcia A, Desroy N et Le Mao P. 2014. Contrôle de surveillance benthique de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) : Année 2013. Ifremer/ODE/LITTORAL/LERBN-14-011. 82p.

La zone intermédiaire montre une bande relativement proche de la côte, similaire à ce que l'on appelle le fleuve côtier⁵⁹, où les concentrations en nitrates (3 308 km²) et PID (2 085 km²) dépassent les seuils de bon état écologique.

Dans la zone côtière, 7 MEC n'atteignent pas le BEE vis-à-vis des NID (1 076 km² de côte = 44,5 % de la zone côtière de la SRM et 3,8 % de l'ensemble de la SRM, Tableau 21A) contre 11 MEC atteignant le BEE (917 km² = 38 % de la zone côtière de la SRM). Seules 6 MEC n'ont pas été évaluées (424,38 km² de côte = 17,5 % de la zone côtière de la SRM, Tableau 21A). Les PID ne sont pas évalués à la côte.

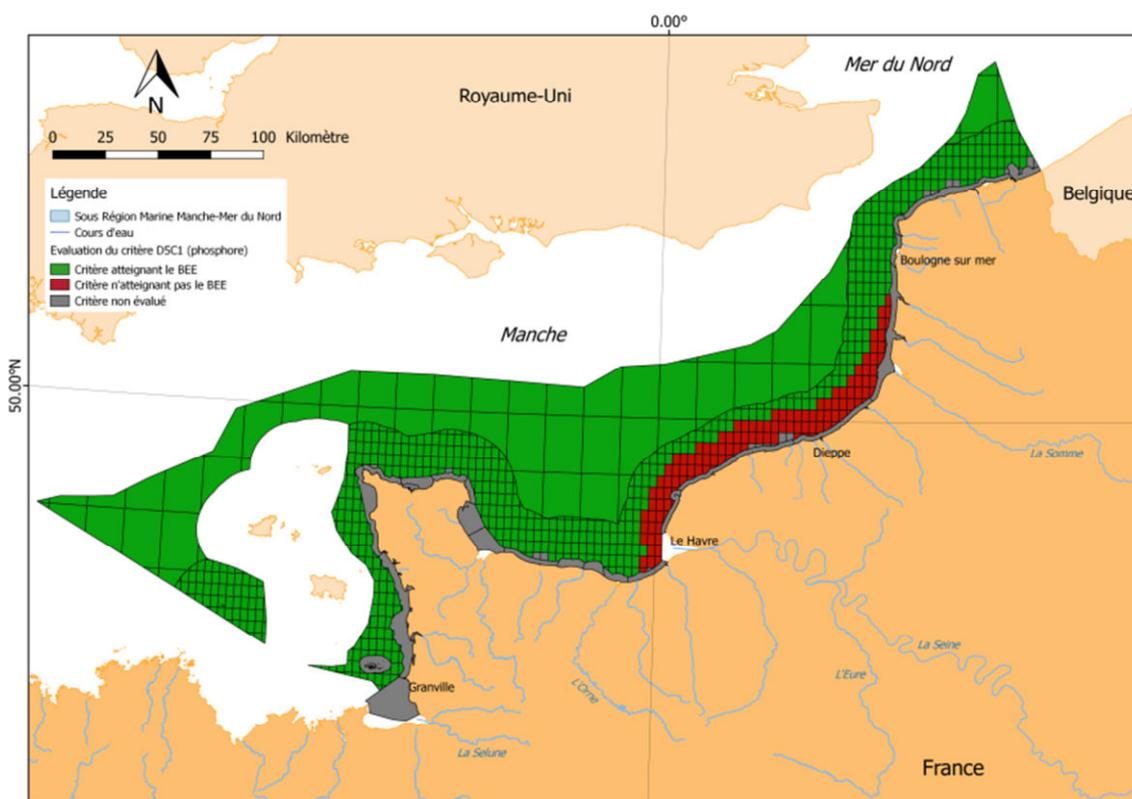


Figure 21B. Évaluation du critère D5C1 (élément PID) dans la sous-région marine Manche-Mer du Nord. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données ou par manque de seuil.

98 % de la SRM a été évaluée vis-à-vis de l'azote (nitrates et NID, Tableau 21A), 91 % vis-à-vis des phosphates (PID, Tableau 21B).

La superficie de la SRM n'ayant pas atteint le BEE est de 4 384 km² pour les nitrates (~15,5 % de la SRM, Tableau 21A) et 2 085 km² pour les PID (~7 % de la SRM, Tableau 21B).

⁵⁹ Brylinski JM, Lagadeuc Y, Gentilhomme V, Dupont JP, Lafite R, Dupeuble PA, Huault MF, Auger Y, Puskaric E, Wartel M et Cabioch L. 1991. Le fleuve côtier, un phénomène hydrologique en Manche Orientale (exemple du Pas de Calais). *Oceanologica Acta*, 11, 197-203.

Toutes les masses d'eau côtières ont été évaluées avec un indice de confiance de supérieur à 75 % (probabilité que la masse d'eau atteigne ou n'atteigne effectivement pas le BEE).

Concernant la zone côtière, cette évaluation a été réalisée à partir d'un total de 382 données de concentration en NID (6 années de mesures mensuelles réalisées de novembre à février). Pour les zones intermédiaire et large, 987 882 données de concentrations en nitrate et autant pour les PID ont été extraites du modèle ECO-MARS3D pour effectuer l'évaluation entre 2012 et 2016.

Tableau 21A. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine MMN dans les différents états écologiques à l'issue de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C1 (éléments azotés).

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	917	1076	424
	%	38	45	18
Intermédiaire	Superficie	8578	3308	0
	%	72	28	0
Large	Superficie	14045	0	0
	%	100	0	0
SRM	Superficie	23540	4384	424
	%	83	15	1

Tableau 21B. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine MMN dans les différents états écologiques à l'issue de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C1 (élément PID).

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	0	0	2417
	%	0	0	100
Intermédiaire	Superficie	9801	2085	0
	%	82	18	0
Large	Superficie	14045	0	0
	%	100	0	0
SRM	Superficie	23846	2085	2417
	%	84	7	9

4.3.2. D5C2 : Concentration en chlorophylle-*a* dans la colonne d'eau

4.3.2.1. Cartographie

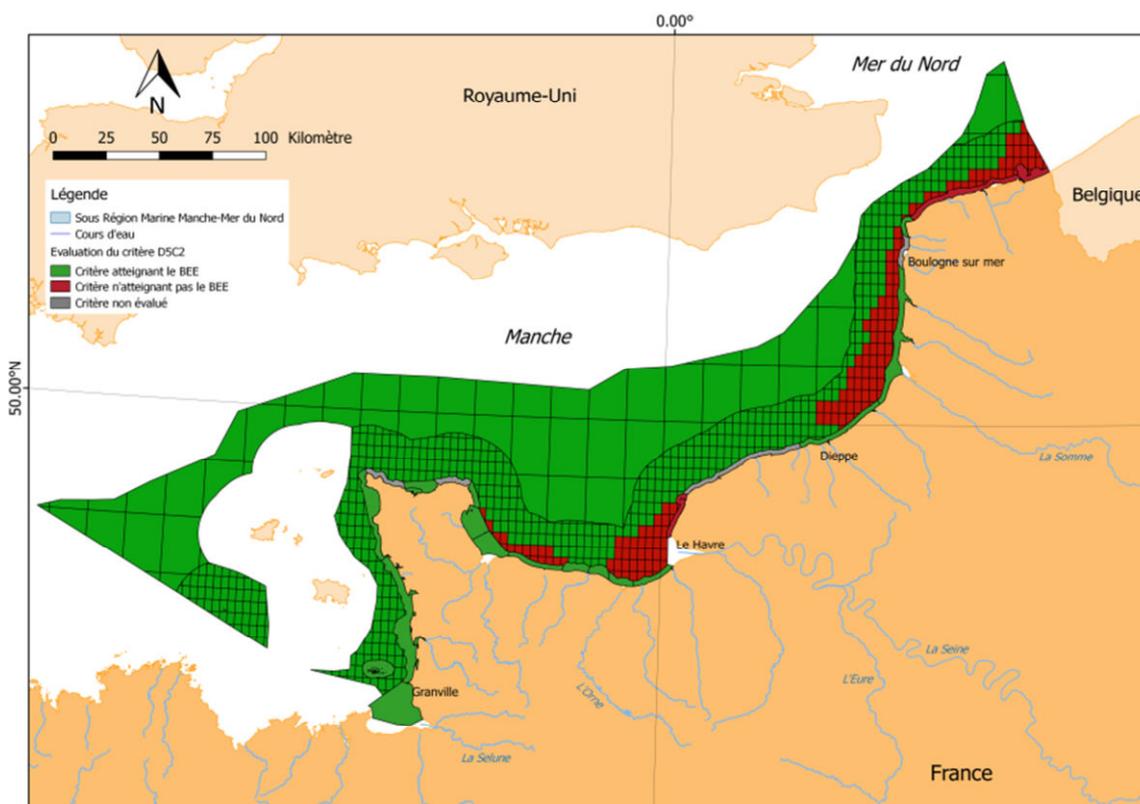


Figure 22. Évaluation du critère D5C2 dans la sous-région marine Manche-Mer du Nord. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données.

L'évaluation de l'état du critère D5C2 montre que la zone au large est en BEE vis-à-vis de ce critère (Figure 22).

La zone intermédiaire montre 2 zones importantes où le critère n'atteint pas le BEE, le premier allant de la baie de Somme à la Mer du Nord (1 700 km²) et le deuxième au niveau de la Baie de Seine (902 km²).

La zone côtière présente, quant à elle, 3 MEC n'atteignant pas le BEE vis-à-vis du D5C2 (267 km² = 11 % de la superficie des MEC de la SRM et 1 % de la SRM, Tableau 22). Seules 4 MEC n'ont pas été évaluées (264 km² de côte = 11 % de la superficie des MEC de la SRM et 1 % de la SRM, Tableau 22), ainsi 99 % de la SRM a été évaluée vis-à-vis du D5C2.

La superficie de la SRM n'atteignant pas le BEE au regard du D5C2 représente 2 870 km² (~10 % de la SRM, Tableau 22). À part les 3 masses d'eau côtières entourant l'estuaire de Seine (indice de confiance entre 50 % et 75 %), toutes les autres masses d'eau côtières évaluées ont un indice de confiance de plus de 75 % (probabilité que la masse d'eau atteigne ou n'atteigne effectivement pas le BEE).

Concernant la zone côtière, cette évaluation a été réalisée à partir d'un total de 934 données (~6 années de mesures mensuelles de concentration en chlorophylle-*a* de mars à octobre). Pour la zone intermédiaire et large, 11 826 584 données de concentration en chlorophylle-*a* exploitables⁶⁰ ont été extraites des produits issus des images satellites pour effectuer l'évaluation entre 2010 et 2016.

Tableau 22. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine MMN dans les différents états écologiques à l'issue de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C2.

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	1886	267	264
	%	78	11	11
Intermédiaire	Superficie	9285	2601	0
	%	78	22	0
Large	Superficie	14045	0	0
	%	100	0	0
SRM	Superficie	25216	2868	264
	%	89	10	1

4.3.2.2. Tendances temporelles

Les tendances temporelles de la variation de la concentration en chlorophylle-*a* ont été analysées avec le teste non paramétrique Mann-Kendall saisonnier sur trois points côtiers du réseau de surveillance REPHY labellisés dans le cadre du SNO (Figure 19 et Figure 23).

Les deux séries de données remontant au début des années 90, aux points Boulogne 1 et At so, montrent une augmentation significative de la concentration en chlorophylle-*a* jusqu'au début des années 2000.

La concentration en chlorophylle-*a* montre ensuite une stabilisation au point Boulogne 1 pour ensuite diminuer significativement depuis la fin des années 2000 alors que sur le point At so elle diminue significativement depuis le milieu des années 2000 et sur le point Cabourg depuis le début des années 2000.

Sur le point Cabourg la concentration en chlorophylle-*a* dépasse couramment les 30 µg.l-1 jusqu'en 2007, ce qui ne se reproduit qu'une seule fois, en 2011, par la suite. Un tel phénomène est moins visible sur les points Boulogne 1 et At so.

⁶⁰ Ne prenant pas en compte les pixels inutilisables à cause de la couverture nuageuse.

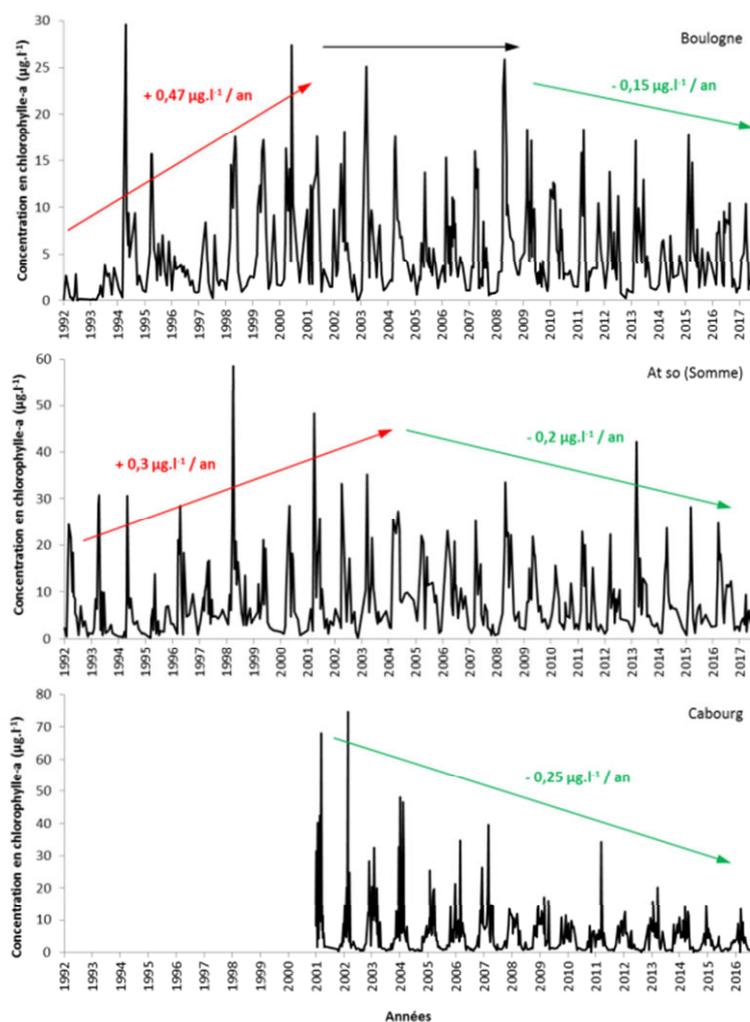


Figure 23. Variation pluri-annuelle de la concentration en chlorophylle-*a* sur les 3 points du réseau REPHY de la SRM MMN labellisés dans le cadre du SNO. Les flèches et données en rouge montrent les tendances significatives à la hausse, les flèches et données en vert montrent les tendances significatives à la baisse et les flèches noires l'absence de tendance significative (test Mann-Kendal saisonnier et $p.\text{value} > 0,05$).

4.3.3. D5C4 : Transparence de la colonne d'eau

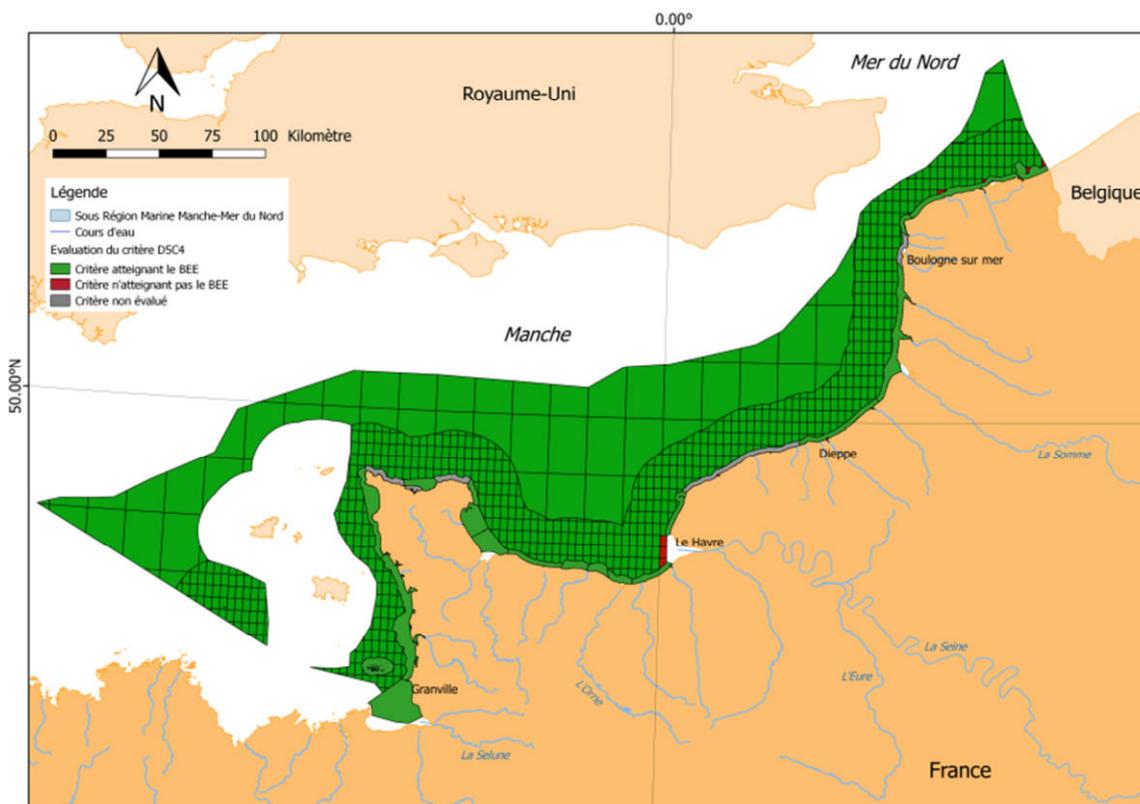


Figure 24. Évaluation du critère D5C4 dans la sous-région marine Manche-Mer du Nord. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données.

L'évaluation de l'état du critère D5C4 montre que toutes les zones de la SRM MMN atteignent le BEE vis-à-vis de la turbidité (Figure 24), à l'exception d'une toute petite zone (en zone intermédiaire) en sortie d'estuaire de Seine, qui ne représente que 50 km² (0,2 % de la SRM, Tableau 23).

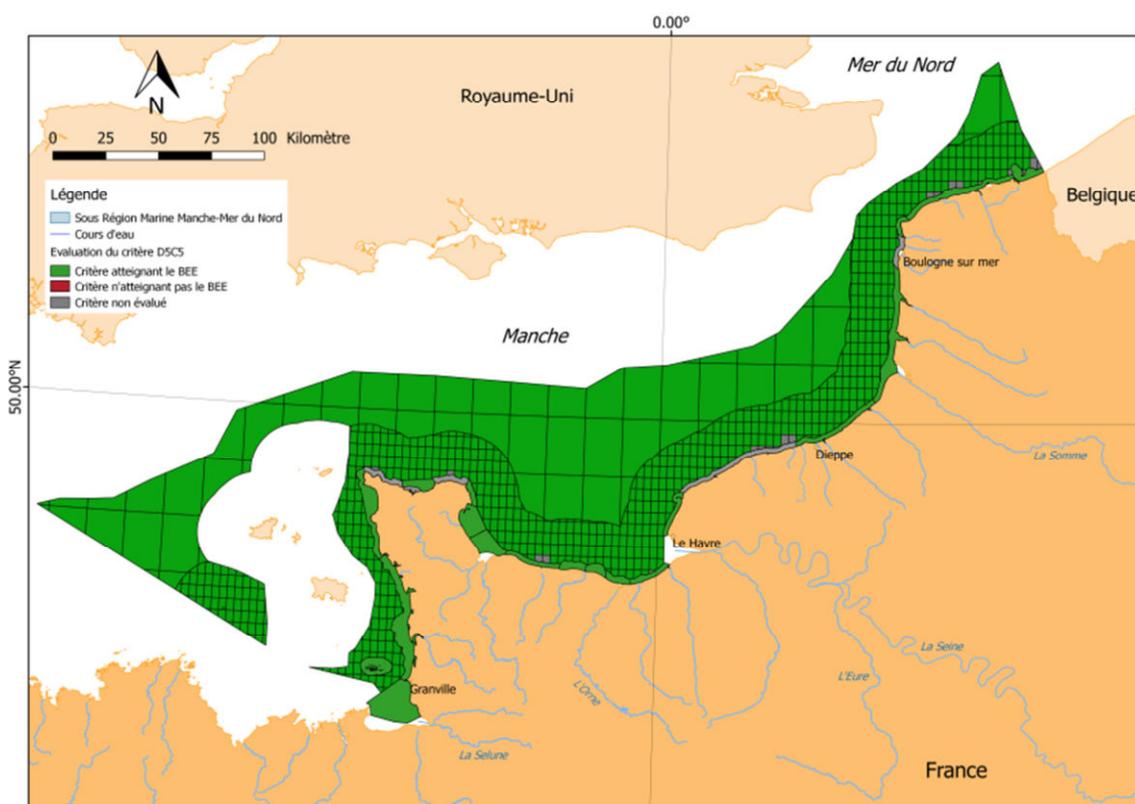
Sur les 24 MEC de la SRM MMN, 19 ont été évaluées. Ainsi, 99 % de la SRM a été évaluée vis-à-vis du critère D5C4 (Tableau 23). Toutes les masses d'eau côtières évaluées l'ont été avec une confiance de 100 % (probabilité que la masse d'eau atteigne ou n'atteigne effectivement pas le BEE).

Concernant la zone côtière cette évaluation a été réalisée à partir d'un total de 886 données (~6 années de mesures de turbidité mensuelles de mars à octobre). Pour la zone intermédiaire et large, 11 826 381 données de turbidité exploitables⁶⁰ ont été extraites des produits issus des images satellites pour effectuer l'évaluation entre 2010 et 2016.

Tableau 23. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine MMN dans les différents états écologiques à l'issu de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C4.

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	2137	0	280
	%	88	0	12
Intermédiaire	Superficie	11836	50	0
	%	100	0	0
Large	Superficie	14045	0	0
	%	100	0	0
SRM	Superficie	28018	50	280
	%	99	0	1

4.3.4. D5C5 : Concentration en oxygène dissous au fond de la colonne d'eau



L'évaluation de l'état du critère D5C5 toutes les zones de la SRM MMN atteignent le BEE vis-à-vis de l'oxygène dissous au fond (Figure 25). Sur les 24 MEC de la SRM MMN, 19 ont été évaluées. Ainsi 99 % de la SRM a été évaluée vis-à-vis du critère D5C5 (Tableau 24). Toutes les masses d'eau côtières évaluées l'ont été avec une confiance de 100 % (probabilité que la masse d'eau atteigne ou n'atteigne effectivement pas le BEE).

Concernant la zone côtière cette évaluation a été réalisée à partir d'un total de 304 données (~6 années de mesures mensuelles de concentration en oxygène dissous au fond de juin à septembre). Pour les zones intermédiaire et large, 1 001 010 données de concentration en oxygène dissous au fond ont été extraites du modèle ECO-MARS3D pour effectuer l'évaluation entre 2012 et 2016.

Tableau 24. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine MMN dans les différents états écologiques à l'issue de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C5.

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	2137	0	280
	%	88	0	12
Intermédiaire	Superficie	11886	0	0
	%	100	0	0
Large	Superficie	14045	0	0
	%	100	0	0
SRM	Superficie	28068	0	280
	%	99	0	1

4.3.5. D5C6 : Macroscopiques opportunistes des habitats benthiques

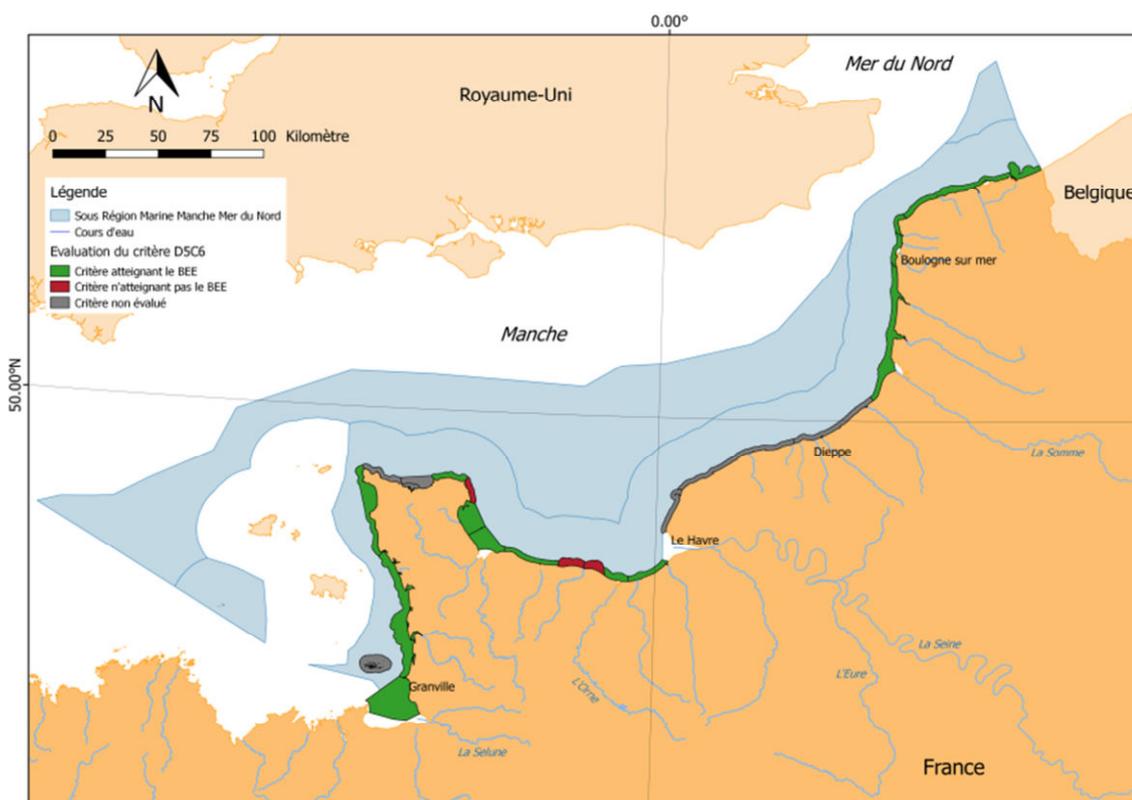


Figure 26. Évaluation du critère D5C6 dans la sous-région marine Manche-Mer du Nord. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE, en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données (zones non survolées ou partiellement survolées).

L'évaluation de l'état du critère D5C6 n'a été réalisée qu'à la côte puisqu'elle n'est pas pertinente pour les zones intermédiaire et large (Figure 26). Sur les 24 MEC de la SRM MMN, 7 n'ont pas été évaluées (528 km², ~22 % de la zone côtière), 3 n'atteignent pas le BEE (HC12, HC13 et HC08, 117 km², ~5 % de la zone côtière) et 14 atteignent le BEE (1 772 km², ~73 % de la zone côtière).

A noter que la zone Artois-Picardie de la SRM MMN (évaluée atteignant le BEE vis-à-vis de ce critère) ne fait pas l'objet d'une surveillance mais a été évaluée en 2009 comme étant non préoccupante⁶¹ et est depuis classée à dire d'expert en très bon état vis-à-vis des algues proliférantes dans le cadre de la DCE. Les épisodes de blooms sont en effet nettement moins visibles (très faibles intensités, très localisés et sur de très petites surfaces) que sur les côtes Normande et Bretonne, le phytoplancton utilisant les nutriments dès le printemps (bloom de *Phaeocystis* sp.).

⁶¹ Nebout T, Desroy N et Le Mao P. 2009. Contrôle de surveillance benthique de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) : Année 2008 – District Artois-Picardie. RST.DOP-LER/FBN-09-010. 43p.

4.3.6. D5C7 : Communautés de macrophytes des habitats benthiques

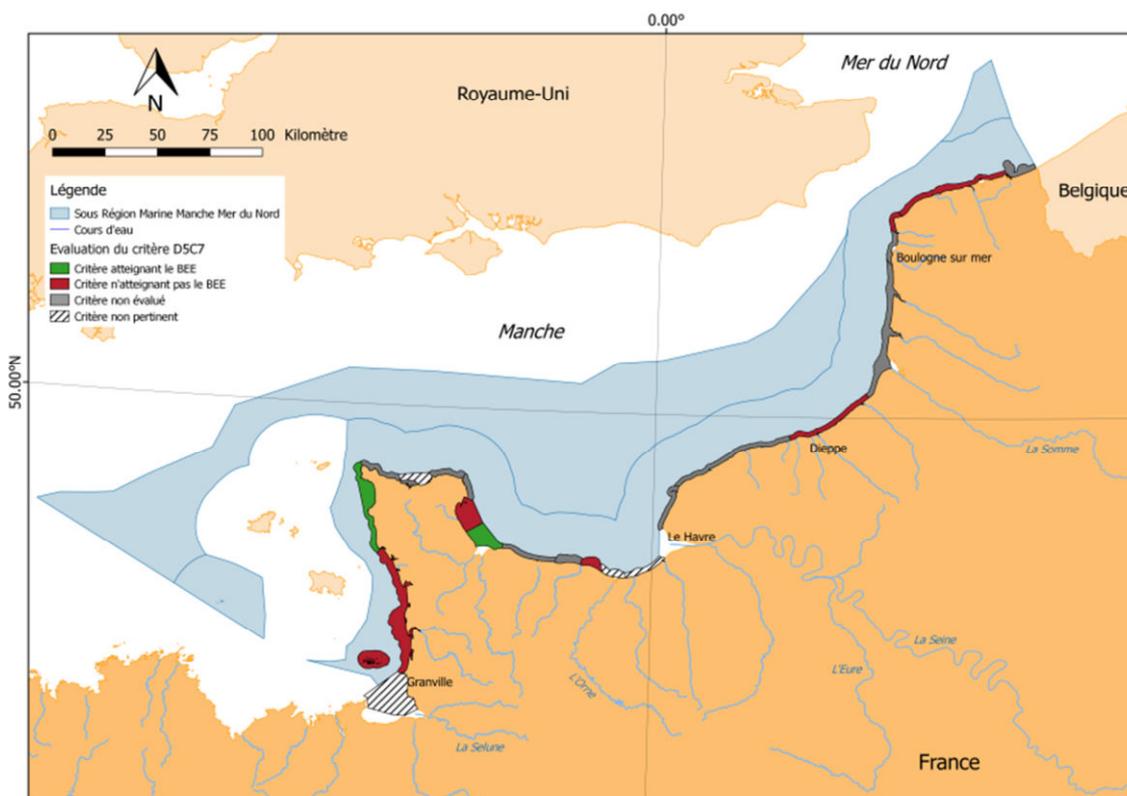


Figure 27. Évaluation du critère D5C7 dans la sous-région marine Manche-Mer du Nord. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE, en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données et en blanc hachuré où elle est jugée non pertinente.

L'évaluation de l'état du critère D5C7 n'a été réalisée qu'à la côte puisqu'elle n'est pas pertinente pour les zones intermédiaire et large (Figure 27). Sur les 24 MEC de la SRM MMN, 4 ne sont pas pertinentes pour ce critère (masse d'eau ne possédant pas de formation végétale remarquable à suivre au titre de la DCE), 11 n'ont pas été évaluées (774 km², ~32 % de la zone côtière), 7 n'atteignent pas le BEE (871 km², ~36 % de la zone côtière) et 2 atteignent le BEE (286 km², ~12 % de la zone côtière).

4.4. Résultats au niveau du descripteur 5 dans la SRM MMN

4.4.1. Évaluation de la SRM

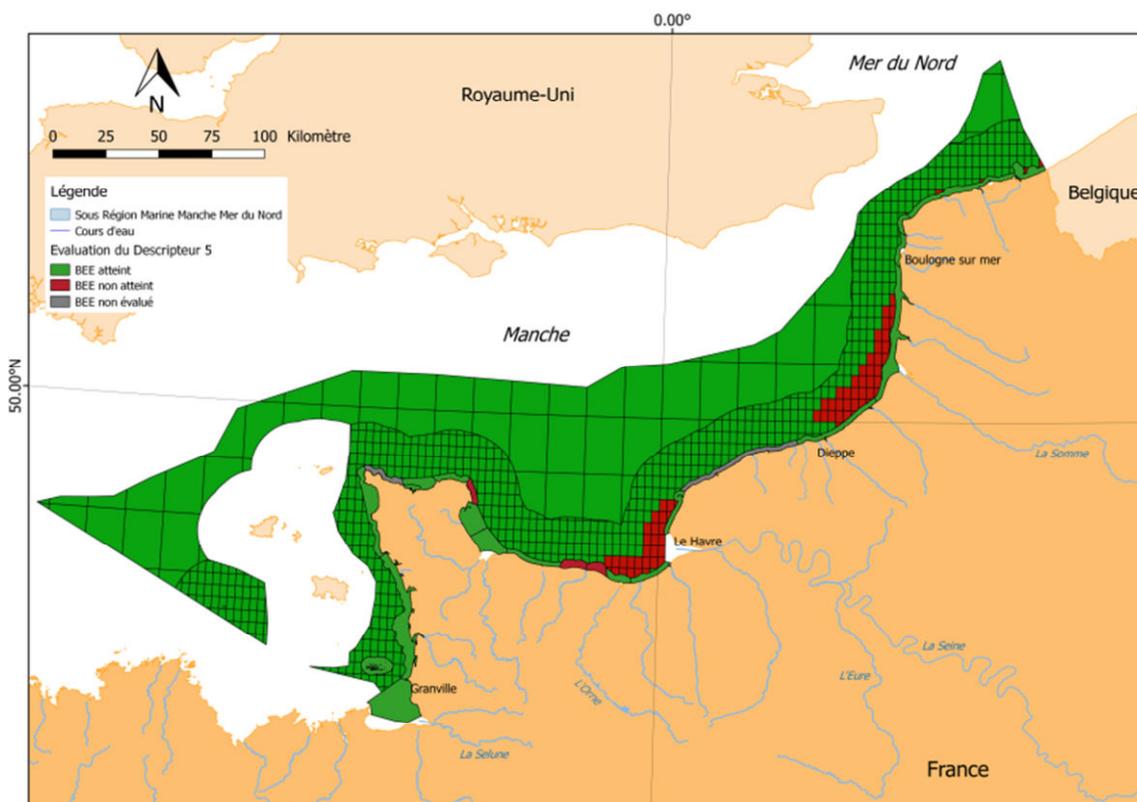


Figure 28. Évaluation du descripteur 5 dans la sous-région marine Manche-Mer du Nord. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le descripteur 5 atteint le BEE, les UGE en rouge dans lesquelles il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation du BEE.

L'évaluation du descripteur 5 effectuée suivant le protocole détaillé dans les chapitres précédents et sur la base des résultats obtenus pour chaque critère évalué montre que la zone au large n'est pas touchée par le phénomène d'eutrophisation tel que décrit dans la DCSMM (Figure 28). La zone intermédiaire montre 2 zones d'eutrophisation problématiques: l'une en sortie d'estuaire de Seine, et l'autre en face de la Baie de Somme. En zone côtière, seules 3 MEC sont considérées comme ne pouvant pas atteindre le BEE en raison des problèmes d'eutrophisation (MEC dégradée à cause des blooms de macroalgues vertes). A l'échelle de la SRM, les zones affectées par des problèmes d'eutrophisation représentent ~5 % de la superficie (Tableau 25). Seul moins de 1 % de la superficie n'a pas été évaluée.

Tableau 25. Surface (km²) et proportion (%) de superficie de la sous-région marine MMN dans les différents états écologiques à l'issu de l'évaluation DCSMM au regard du descripteur 5.

	BEE	non BEE	non Evalué
Superficie	26 886	1 300	183
%	95	5	1

4.4.2. Confiance

Si la quasi-totalité de la superficie de la SRM MMN a été évaluée vis-à-vis du descripteur 5, toutes les zones n'ont pas été évaluées avec le même indice de confiance. La cartographie de l'indice de confiance basé sur le nombre de critères utilisés par rapport au nombre de critères pertinents par UGE (Figure 29) montre que cet indice est particulièrement élevé en zones intermédiaire et large, mais est plus variable en zone côtière. Ceci est dû au fait que tous les critères primaires ont pu être évalués dans les zones intermédiaire et large pour la quasi-totalité des UGE (grâce à la résolution et à l'emprise spatiale élevées des produits issus de la modélisation et des images satellites), de même que les critères secondaires pertinents (*i.e.* turbidité). Dans ces zones, seul le critère secondaire algue toxique (D5C3) n'a pas pu être évalué, les critères D5C6 et D5C7 n'y étant pas pertinents.

Pour la zone côtière, le nombre de critères évalués par MEC est beaucoup plus variable car il est fonction de l'existence dans la MEC de points de prélèvements des réseaux de surveillance, mais il dépend aussi de certaines contraintes humaines et matérielles (impossibilité d'aller sur le terrain, matériels défectueux, *etc.*).

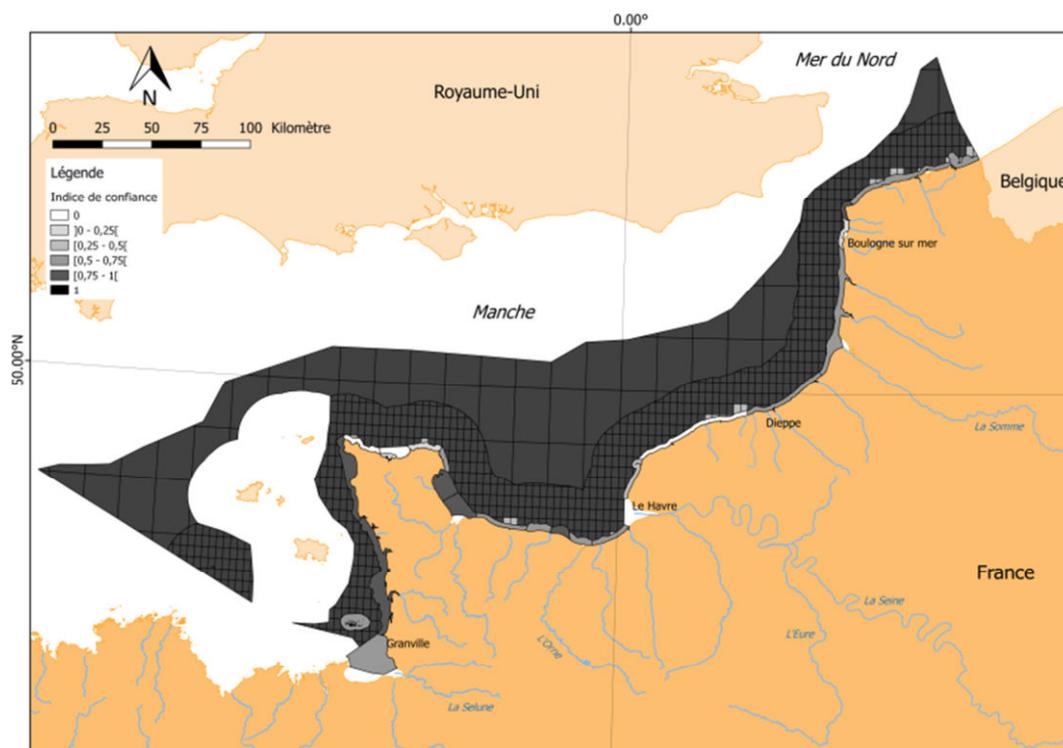


Figure 29. Cartographie de l'indice de confiance calculé, pour chaque UGE, à partir du nombre de critères utilisés pour évaluer le BEE dans la sous-région marine Manche-Mer du Nord.

4.5. Sources de pression dans la SRM MMN

4.5.1. Apports terrestres

4.5.1.1. Flux en nutriments des cours d'eau

4.5.1.2. Evolution des flux au cours des 30 dernières années

La principale source de pression à l'origine des processus d'eutrophisation en nutriments provient des cours d'eau se jetant dans la mer et drainant les nutriments en excès provenant des activités anthropiques présentes dans son secteur hydrographique (Figure 30) tels que l'agriculture, les usages industriels et urbains, le traitement et l'élimination des déchets (tels que cités dans le tableau 2b de l'annexe III de la Décision 2017/845/EU).

Ces flux de nutriments sont quantifiés à partir (i) de mesures de concentrations en nutriments effectuées sur 18 stations dans les cours d'eau (points roses sur la figure 30), de 6 à 24 fois par an par les Agences de l'Eau Artois Picardie et Seine-Normandie, et (ii) de mesures de débits journalières sur ces mêmes cours d'eau (points bleus sur la figure 30 : 17 stations + 1 estimée) effectuées par la DREAL entre 1989 et 2015 (27 années). Le calcul de flux est ensuite réalisé par le SOeS dans le cadre du RID⁶², Riverine Input Discharges, via l'utilisation du logiciel de calcul de flux OSPAR RTrend©.

⁶² OSPAR Commission. 2016. Riverine Inputs and Direct Discharges to Convention Waters OSPAR Contracting Parties' RID 2014 Data Report. 83p.

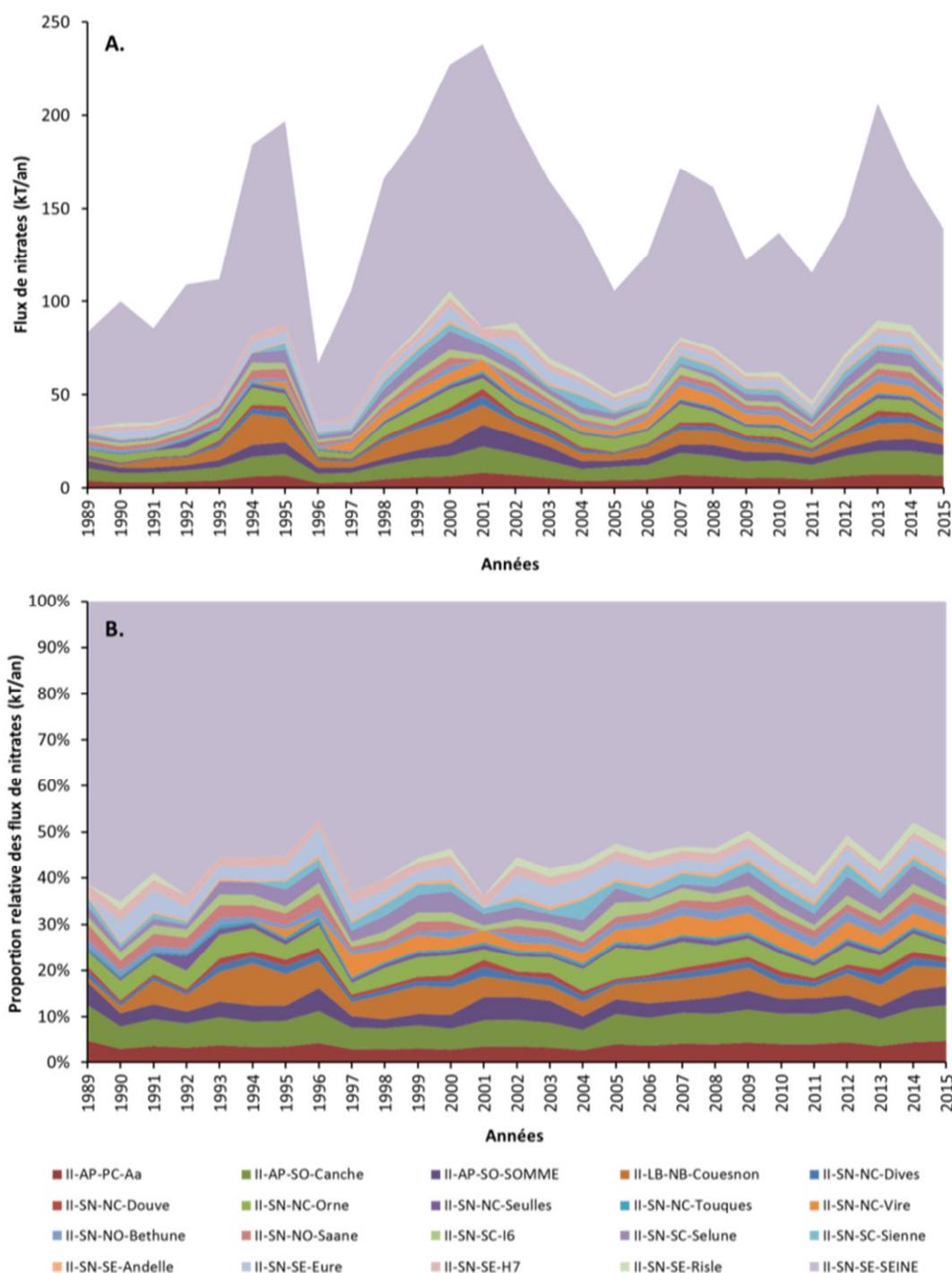


Figure 31. A. Évolution inter-annuelle des flux en nitrate (kT/an) et B. Évolution inter-annuelle de la proportion relative (%) des flux en nitrate, calculées par le SOeS (suivant le protocole OSPAR RID) pour les principaux cours d'eau et secteurs hydrographiques (apports diffus et ponctuels) se déversant dans la SRM MMN entre 1989 et 2015. La correspondance entre l'identifiant de certains cours d'eau et leur nom commun est indiquée dans le tableau 26.

Les flux en orthophosphates montrent une diminution significative globale avec une tendance de -4,4 % par an représentant environ -0,3 kT/an (Figure 32A et Tableau 26). Cette tendance à la baisse se retrouve pour la quasi-totalité des cours d'eau. Pour

l'ensemble de la SRM MMN, les flux étaient supérieurs à 7 kT/an au début des années 90, puis ils ont très nettement diminué au cours des années 2000 pour rester en dessous de 3 kT/an depuis 2006. La Seine est le plus gros contributeur avec plus de 80 % des flux en orthophosphates au début des années 90 et plus de 60 % dans les années 2000 (Figure 32B).

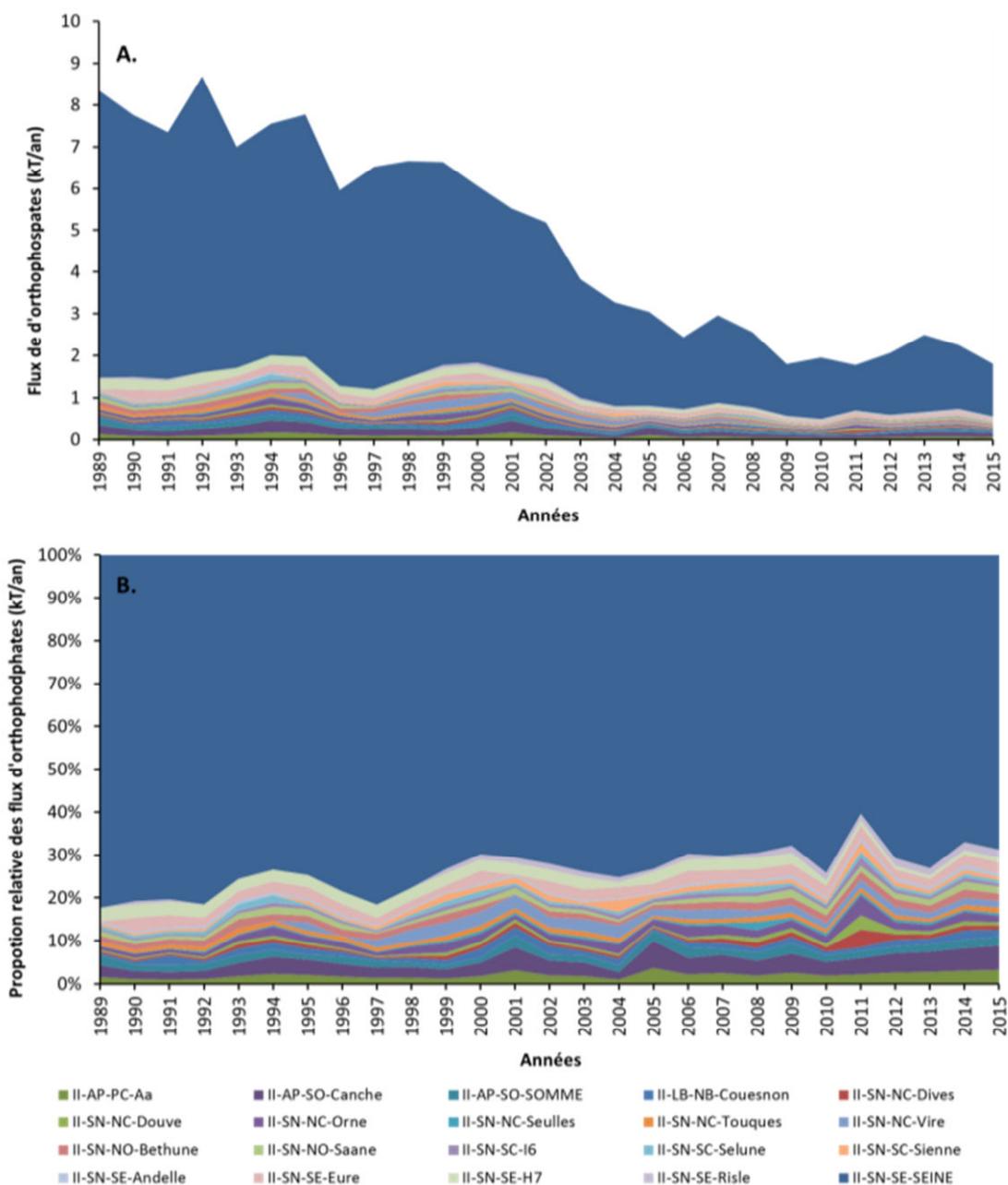


Figure 32. A. Évolution inter-annuelle des flux en phosphates (kT/an) et B. Évolution inter-annuelle de la proportion relative (%) des flux en phosphates, calculées par le SOeS (suivant le protocole OSPAR RID) pour les principaux cours d'eau et secteurs hydrographiques (apports diffus et ponctuels) se déversant dans la SRM MMN entre 1989 et 2015. La correspondance entre l'identifiant de certains cours d'eau et leur nom commun est indiquée dans le tableau 26.

Tableau 26. Tendances temporelle (test de MannKendall Saisonnier) des flux en nutriments sur 27 années de mesure (1989 à 2015) pour les cours d'eau se déversant dans la SRM MMN et inclus dans la stratégie RID OSPAR; superficie des secteurs hydrographiques et caractéristiques des apports relatifs à ces cours d'eau (apports diffus: sans cours d'eau prépondérant, tributaire: cours d'eau secondaire, tributaire non monitoré: cours d'eau secondaire sans mesure terrain). Les flèches vertes indiquent une tendance significative (p. valeur <0,05) à la baisse et les flèches rouges à la hausse; les flèches bleues marquent l'absence de tendance significative. La superficie en gras représente la somme des superficies de tous les secteurs hydrographiques. Les valeurs de tendance en gras ont été calculées sur la somme des flux de tous les cours d'eau par année. Les données entre parenthèses représentent le pourcentage de variation inter-annuelle du nutriment calculé pour la période 1989 à 2015 en % de kT/an, les valeurs en dehors des parenthèses représentent les variations en kT/an. Les estimations de flux sont effectuées par le SOEs suivant le protocole OSPAR RID.

ID du cours d'eau	Nom du cours d'eau	Bassin Versant	Superficie du secteur hydro. (km ²)	Caractéristique des apports	Tendances				
					Total N	NO3-N	NH4-N	Total P	PO4-P
II-AP-PC-Aa	L'Aa	Artois-Picardie	2308	apport diffus	↗ 0,16 (4,6)	↗ 0,116 (3)	↘ -0,002 (-1,6)	↘ -0,007 (-3,4)	↘ -0,003 (-3)
II-AP-SO-Canche	La Canche	Artois-Picardie	3895	tributaire	↗ 0,3 (5)	↗ 0,2 (3)	↘ -0,003 (-1,6)	↘ -0,01 (-3)	↘ -0,005 (-2,8)
II-AP-SO-SOMME	La Somme	Artois-Picardie	5916	tributaire	↗ 0,1 (2,6)	↗ 0,079 (2,4)	↘ -0,009 (-3,6)	↘ -0,006 (-3)	↘ -0,004 (-4,4)
II-SN-NO-Bethune	Le Bethune	Seine-Normandie	2153	tributaire	→	↗ 0,085 (6,3)	↘ -0,001 (-1,8)	↘ -0,007 (-4,1)	↘ -0,004 (-4)
II-SN-NO-Saane	La Saane	Seine-Normandie	1718	tributaire	→	→	↘ -0,003 (-4,4)	↘ -0,005 (-4,1)	↘ -0,002 (-3,3)
II-SN-SE-SEINE	La Seine	Seine-Normandie	64953	Rivière principale	→	→	↘ -0,91 (-5)	↘ -0,4 (-4,7)	↘ -0,24 (-4,6)
II-SN-SE-Andelle	L'Andelle	Seine-Normandie	789	tributaire	↗ 0,018 (2,6)	↗ 0,03 (6,3)	↘ -0,0006 (-3)	↘ -0,002 (-4)	↘ -0,001 (-3,6)
II-SN-SE-Eure	L'Eure	Seine-Normandie	6023	tributaire	→	→	→	↘ -0,008 (-4,4)	↘ -0,006 (-4,4)
II-SN-SE-H7		Seine-Normandie	2439	apport diffus	↘ -0,1 (-2,7)	→	↘ -0,04 (-5,7)	↘ -0,022 (-5,7)	↘ -0,01 (-5,5)
II-SN-SE-Risle	La Risle	Seine-Normandie	2545	tributaire	→	→	→	↘ -0,003 (-3,3)	→
II-SN-NC-Dives	La Dives	Seine-Normandie	1815	tributaire	→	→	→	→	↘ -0,0008 (-2,2)
II-SN-NC-Douve	La Douve	Seine-Normandie	1474	tributaire non monitoré	→	→	→	→	↘ -0,0006 (-2,2)
II-SN-NC-Orne	L'Orne	Seine-Normandie	2976	tributaire	→	→	→	↘ -0,007 (-4,2)	↘ -0,002 (-2,8)
II-SN-NC-Seulles	La Seulles	Seine-Normandie	547	tributaire	→	→	→	→	→
II-SN-NC-Touques	La Touques	Seine-Normandie	1311	tributaire	→	→	↘ -0,001 (-3,9)	↘ -0,004 (-4,3)	↘ -0,002 (-4,1)
II-SN-NC-Vire	La Vire	Seine-Normandie	2077	tributaire	→	→	→	↘ -0,012 (-5,7)	↘ -0,008 (-6,7)
II-SN-SC-I6		Seine-Normandie	1302	apport diffus	→	→	→	↘ -0,003 (-4)	↘ -0,0009 (-2,8)
II-SN-SC-Selune	Le Selune	Seine-Normandie	1623	tributaire	→	→	→	↘ -0,003 (-4,2)	↘ -0,002 (-4,2)
II-SN-SC-Sienne	La Sienne	Seine-Normandie	1135	tributaire	→	→	→	→	↘ -0,001 (-3,1)
II-LB-NB-Couesnon	Le Couesnon	Loire-Bretagne	2848	tributaire	→	→	→	→	↘ -0,002 (-3,6)
Total			109849		→	→	↘ -0,93 (-4,6)	↘ -0,51 (-4,4)	↘ -0,3 (-4,4)

4.5.1.3. Évolution des flux à grande échelle temporelle

Afin de mieux comprendre les pressions en termes d'apports de nutriments au milieu marin, le projet LITEAU II (Lefebvre et al., 2006⁶³) a permis la reconstitution des flux apportés au cours des 50 dernières années. La figure 34 illustre les résultats du calcul des flux d'apports au milieu marin de la Seine, de l'Escaut et de la Somme, calculés par le modèle Riverstrahler, pour les 50 dernières années. Pour les 3 bassins versants, un scénario "pristine" et un scénario "2015" correspondant à une réduction des teneurs en nutriments de tous les effluents urbains suite à une déphosphatation (90 %) et une élimination de l'azote (70 %) ont été calculés pour une hydrologie sèche et une hydrologie humide, respectivement.

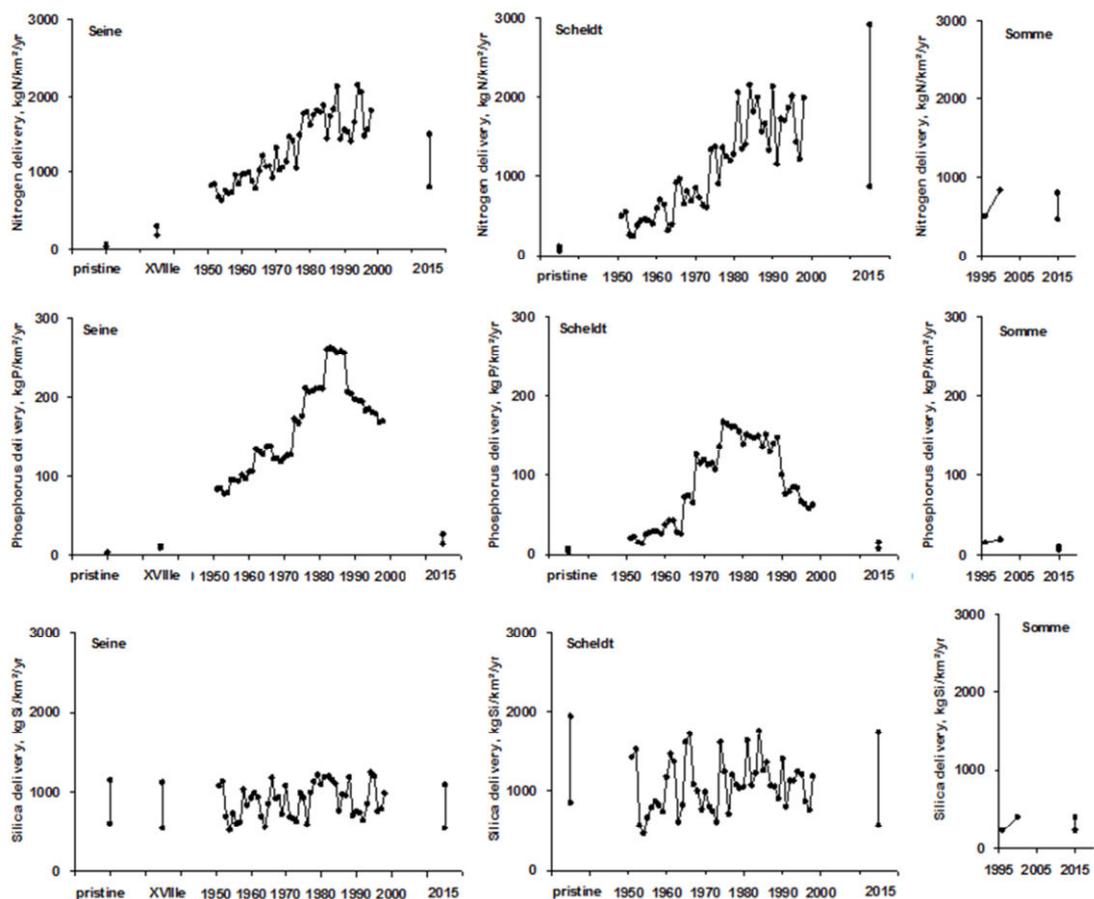


Figure 33. Flux annuels d'azote, de phosphore et de silice apportés par la Seine, l'Escaut (Scheldt) et la Somme, calculés par le modèle Riverstrahler, pour un état "pristine", pour un état rural traditionnel (XVIII^{ème}), pour les années et selon un scénario

⁶³ Lefebvre A., Ménesguen A., Cugier P., Lancelot C., Lacroix G., Gypens N., Billen G., Garnier J., 2006. Rapport final du projet LITEAU II « Modélisation intégrée des transferts de nutriments depuis les bassins versants de la Seine, la Somme et l'Escaut jusqu'en Manche et Baie Sud de la Mer du Nord ». Convention de recherche 19-G/2003, 108 p. + Annexes.

prospectif 2015 (réduction des rejets de matière organique (90 %), de phosphore (90 %) et d'azote (70 %)).

Dans les 3 bassins, une augmentation considérable des flux d'azote est mise en évidence lors de la seconde moitié du XX^{ième} siècle, augmentation que les mesures énergiques prévues pour le traitement des effluents urbains et industriels ne peuvent que très partiellement corriger. Les flux d'azote, dominés par les apports diffus en provenance des sols agricoles, sont très dépendants de l'hydrologie, ce qui explique l'importance des variations interannuelles. En ce qui concerne le phosphore, l'accroissement depuis les années 1950 est spectaculaire. La tendance est toutefois à la baisse depuis le milieu des années 1980 en raison de la généralisation des pratiques de déphosphatation des effluents urbains. Les apports de silice, largement dominés par les apports diffus, mais relativement indépendants des pratiques agricoles, apparaissent peu modifiés par rapport aux valeurs "primitives". La Somme, à cause de sa lithologie dominée par la craie, est le bassin qui exporte proportionnellement le moins de silice.

La figure 34 montre les rapports molaires de ces flux annuels et les compare aux rapports de Redfield représentant les besoins de la croissance algale. Les tendances sont identiques sur les bassins de la Seine et de l'Escaut. Les rapports N/P élevés qui caractérisaient les apports "primitives" et 'traditionnels' de ces fleuves ont considérablement diminué lors de la seconde moitié du XX^{ème} siècle pour atteindre des niveaux où l'azote est devenu potentiellement limitant par rapport au phosphore. A partir des années 1980, la tendance s'inverse et l'on retrouve progressivement une situation où le phosphore devient plus limitant que l'azote en milieu marin. La Somme, peu peuplée et de ce fait très contaminée en nitrate et peu en phosphore, ne semble jamais avoir pu connaître de carence relative en azote par rapport au phosphore. En ce qui concerne les apports de silice, un déficit par rapport à l'azote et au phosphore au regard des besoins de la croissance des diatomées, apparaît vers 1950 pour l'Escaut, sans doute un peu avant pour la Seine. Plus récemment, la diminution rapide des flux de phosphore provoque une remontée du rapport Si/P.

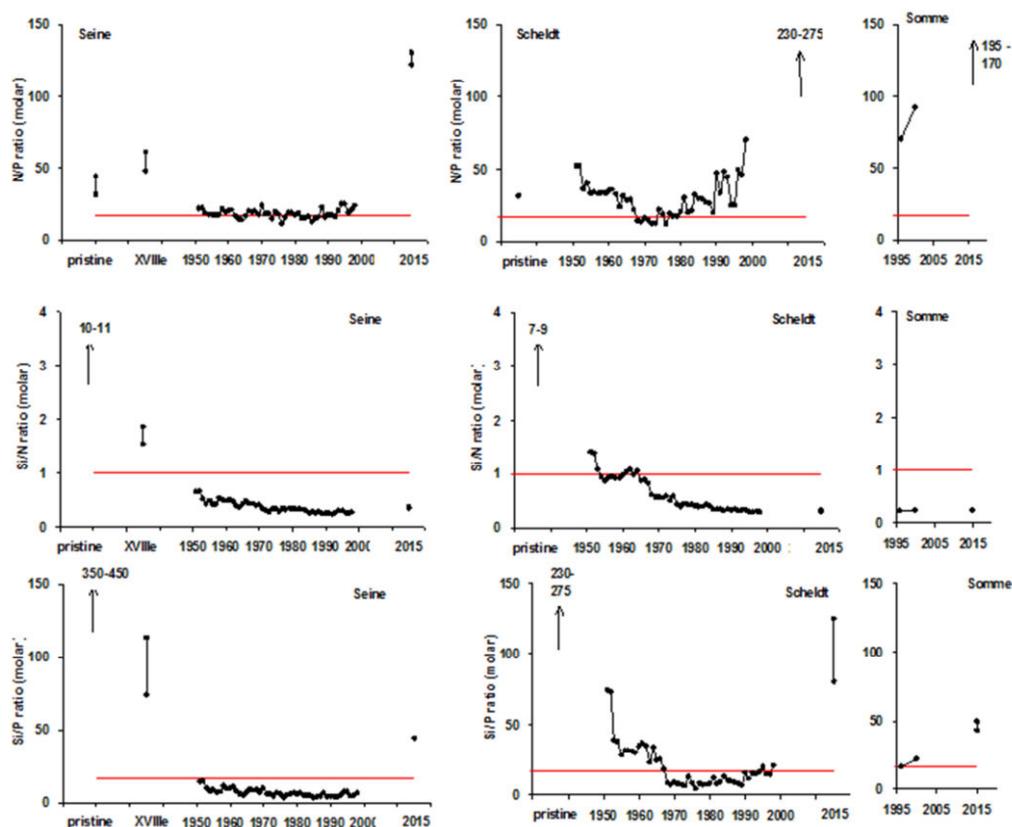


Figure 34. Rapports molaires des flux annuels de nutriments apportés par la Seine, l'Escaut (Scheldt) et la Somme calculés par le modèle Riverstrahler pour un état "pristine", pour un état rural traditionnel (état de fin XVIII^{ème}), pour les années et selon un scénario prospectif 2015 (réduction des rejets de matière organique (90 %), de phosphore (90 %) et d'azote (70 %) (Trait rouge : Rapports de Redfield).

4.5.1.4. Apports diffus : zones vulnérables

Dans le cadre de la protection des eaux souterraines et de surface contre les pollutions provoquées par les nitrates d'origine agricole (apports diffus), la 5^{ème} révision de la délimitation des zones vulnérables aux nitrates (eaux excédant ou pouvant excéder 50 mg.l⁻¹ d'ion nitrate à 0 de salinité = norme de l'OMS, ce qui représente un seuil sanitaire pour l'homme et non pour l'environnement) est fondée sur les résultats des mesures effectuées dans les eaux souterraines et les eaux de surface. Les préfets coordonnateurs de bassin ont arrêté en 2012 les zones vulnérables pour la période 2013 à 2016 (Figure 35). La quasi-totalité des zones de drainage se déversant dans la SRM MMN sont classées en zones vulnérables aux nitrates hormis les bassins versants de La Liane, du Wimereux et de la Slack réunis, une zone entre les bassins versants de la Canche et de la Bresle, le bassin versant de la Touque ainsi que la pointe du Cotentin.

Note : la Directive "Nitrates" (91/676/CEE) a pour objectif de préserver la ressource en eau et les milieux aquatiques de la pollution diffuse par les nitrates d'origine agricole. Elle prévoit une surveillance tous les 4 ans des eaux superficielles et souterraines. Les résultats de cette campagne de surveillance permettent une analyse et une révision éventuelle de la délimitation des zones vulnérables à la pollution par les nitrates

d'origine agricole. Dans ces zones, des programmes d'action spécifiques sont mis en place pour réduire les apports de nitrates dans les eaux. Les 5^{èmes} programmes d'action seront élaborés au cours de l'année 2013.

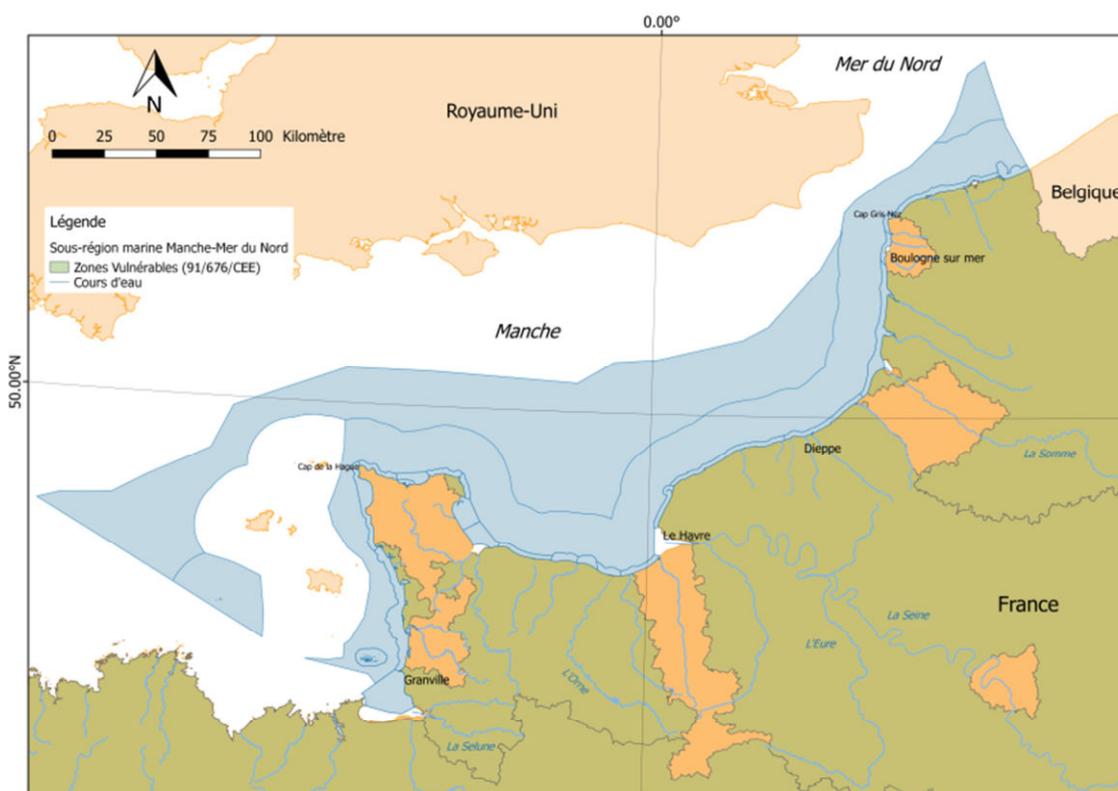


Figure 35. Localisation des zones vulnérables à la pollution par les nitrates d'origine agricole (en vert) telles que définies par la directive "Nitrates" (91/676/CEE). Sources : Ifremer, Sandre.

4.5.1.5. Apports ponctuels : zones sensibles

L'article R211-94 du code de l'environnement, transposant dans le droit français l'article 5 et l'annexe II de la directive Eaux Résiduelles Urbaines (91/271/EEC UWWT) définit les zones hydrographiques particulièrement sensibles aux pollutions, notamment celles pour lesquelles il est établi qu'elles sont eutrophes ou pourraient devenir eutrophes à brève échéance si des mesures ne sont pas prises ; et dans lesquelles les rejets de phosphore, d'azote ou de ces deux substances doivent, s'ils sont cause de ce déséquilibre, doivent être réduits.

En 2015, la France comptait dans sa base de données 20 783 agglomérations disposant de systèmes d'assainissements, comprenant 21 079 stations de traitement des eaux usées (STEU) qui représentaient une charge globale de 78 millions d'Equivalents-habitants (Eh) pour une capacité épuratoire de l'ensemble des STEU de 104 millions d'Eh. Les agglomérations de 2 000 Eh et plus étaient au nombre de 3 661 pour 3 795 stations de traitement des eaux usées. En effet certaines agglomérations sont composites et comportent plusieurs stations. Elles représentent une charge polluante de 73 millions d'Eh.

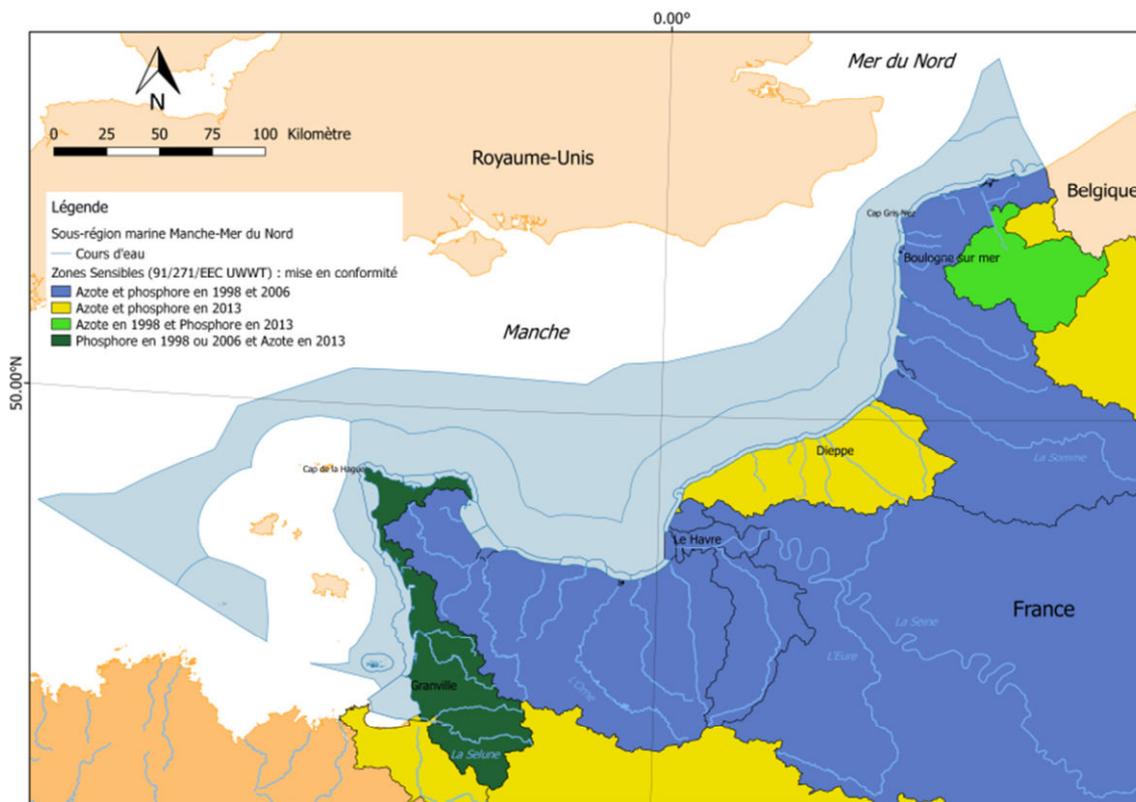


Figure 36. Localisation des zones sensibles à l'eutrophisation selon la directive sur le traitement des eaux urbaines résiduaires (91/271/EEC). Les différentes échéances pour la mise en conformité des stations d'épuration se trouvant dans les régions hydrographiques de la SRM MMN sont également renseignées. Source : Ifremer, Sandre.

Au regard de cette directive, toutes les zones de la façade MMN, MEC de la DCE y compris, ont été qualifiées de sensibles aux nitrates et phosphates (Ar. du 22/02/2006) pour lesquelles un traitement vis-à-vis de leur rejet est requis (Figure 36). Les dernières mises en conformité dans le cadre de la directive (baisse de 70-80 % de la concentration en azote total Kjeldahl entre l'entrée et la sortie de STEU pour obtenir au moins 10-15 mg.l^{-1} , et baisse de 80 % de la concentration en phosphore total entre l'entrée et la sortie de STEU pour obtenir au moins 1-2 mg.l^{-1} tel qu'inscrit dans la directive 98/15/CE) devaient être effectuées en 2013 (Figure 36). Quelques STEU restaient toutefois encore non conformes en 2015.

Note : Il existe trois types de traitement requis par la directive:

- Le traitement "primaire" qui permet de traiter le carbone et les matières en suspension selon un procédé physique et/ou chimique ;
- Le traitement "secondaire" ou "approprié" qui permet de traiter le carbone et les matières en suspension de manière plus poussée, selon un procédé comprenant généralement un traitement biologique. Il est obligatoire pour les agglomérations d'assainissement de plus de 2000 Eh ;

- Le traitement dit "plus rigoureux" dont l'objectif est de traiter l'azote ou le phosphore. Il est obligatoire pour les agglomérations d'assainissement de plus de 10 000 Eh qui rejettent des eaux usées en zone sensible à l'eutrophisation.

4.5.2. Apports atmosphériques

L'évaluation DCSMM de 2012 ayant démontré que les apports atmosphériques en phosphates sont négligeables par rapports aux apports provenant d'autres sources, à part pendant la période estivale et lors d'épisodes de fortes précipitations, seuls les apports atmosphériques en azote seront traités.

Même s'ils représentent une source d'apport plus faible en nutriments que les cours d'eaux et les apports diffus, les apports atmosphériques ont été estimés comme pouvant représenter jusqu'à 20 % des apports totaux en azote en mer entre 1995 et 2008 (Devreker et Lefebvre, 2016⁵²).

Les flux d'azote issus de retombées atmosphériques sont calculés à partir des données d'émission couplées avec un modèle de transport chimique atmosphérique. Les données d'émission sont issues du programme EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme), programme coopératif de surveillance continue et d'évaluation de la transmission des polluants atmosphériques à longue distance en Europe, mis en place suite à la convention sur la pollution atmosphérique en 1979. De plus amples informations sur le fonctionnement du programme EMEP peuvent être trouvées sur la page web du programme : http://emep.int/emep_overview.html.

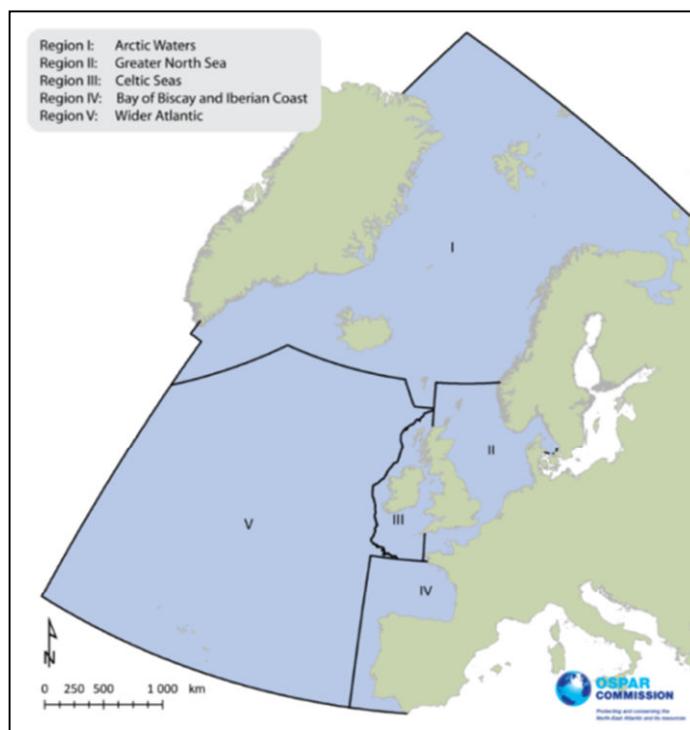


Figure 37. Carte des régions OSPAR (selon rapport EMEP⁶⁴).

Plus récemment, le rapport du programme EMEP⁶⁴ (les mesures s'étendant jusqu'en 2014) a montré une stabilisation des apports annuels atmosphériques en azote dans la région II d'OSPAR (correspondant à l'actuelle SRM MMN, une partie de la nouvelle SRM Mer Celtique qui correspond à la Manche Ouest, et la totalité de la Mer du Nord, figure 37) autour de 450-550 kT / an depuis 2007, qui fait suite à une diminution pendant le début des années 2000 (Figure 38A). Les sources d'émission d'azote atmosphérique peuvent être déterminées par la nature de la forme azotée, les formes d'azote réduit (NH_3) étant prépondérantes en agriculture et les formes d'azote oxydé (NO_x) étant issues des processus de combustion (transports et activités industrielles). Ainsi, si elle était de 60 % dans les années 1990 et 2000, la part de l'azote oxydé en région II OSPAR a été réduite à près de 50 % dans les années 2010 (Figure 38B), les apports d'azote réduit et oxydé étant maintenus entre 200 et 300 kT /an chacun (Figure 38A). Il est à noter que la contribution de la France aux apports azotés dans la région II OSPAR est en 3^{ème} position après l'Angleterre et l'Allemagne, représentant 14 % des dépôts totaux annuels en azote pour la période 2005-2014. Les estimations étant effectuées sur des régions OSPAR beaucoup plus grandes que les SRM françaises il est pour l'instant difficile de dire quelle est la part des émissions atmosphériques françaises arrivant dans les SRM des pays voisins (pays du sud de la mer du Nord) et *a contrario* quelle est la part des émissions atmosphériques des pays voisins dans les dépôts sur la SRM MMN.

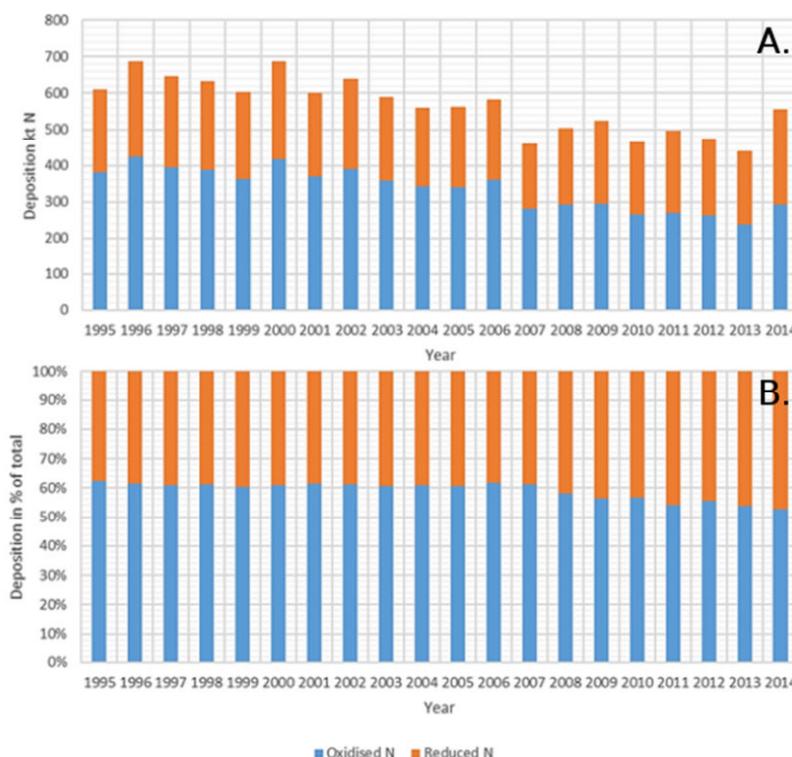


Figure 38. A. Évolution pluriannuelle des dépôts en kT N/an d'azote oxydé et réduit dans la région II OSPAR. B. Évolution pluriannuelle du pourcentage d'azote oxydé et d'azote réduit dans les dépôts d'azote en dans la région II OSPAR. Repris du rapport EMEP⁶⁴.

⁶⁴ OSPAR. 2017. Atmospheric Deposition of Nitrogen to OSPAR Convention waters in the period 1995-2014. HASEC 17/6/2. 150p.

Si l'origine des NH_3 émis par la France est à 99 % d'origine agricole (Figure 39B) avec un flux d'émission constant depuis les années 80 à ~700-800 kt/an, le NO_2 émis par la France a des origines bien différenciées ; plus de 50 % provenant des transports routiers, ~25 % de la combustion industrielle et ~15 % des transports par navigation. A noter que la quantité globale de NO_2 émis est en nette diminution depuis le début des années 80 (Figure 39A).

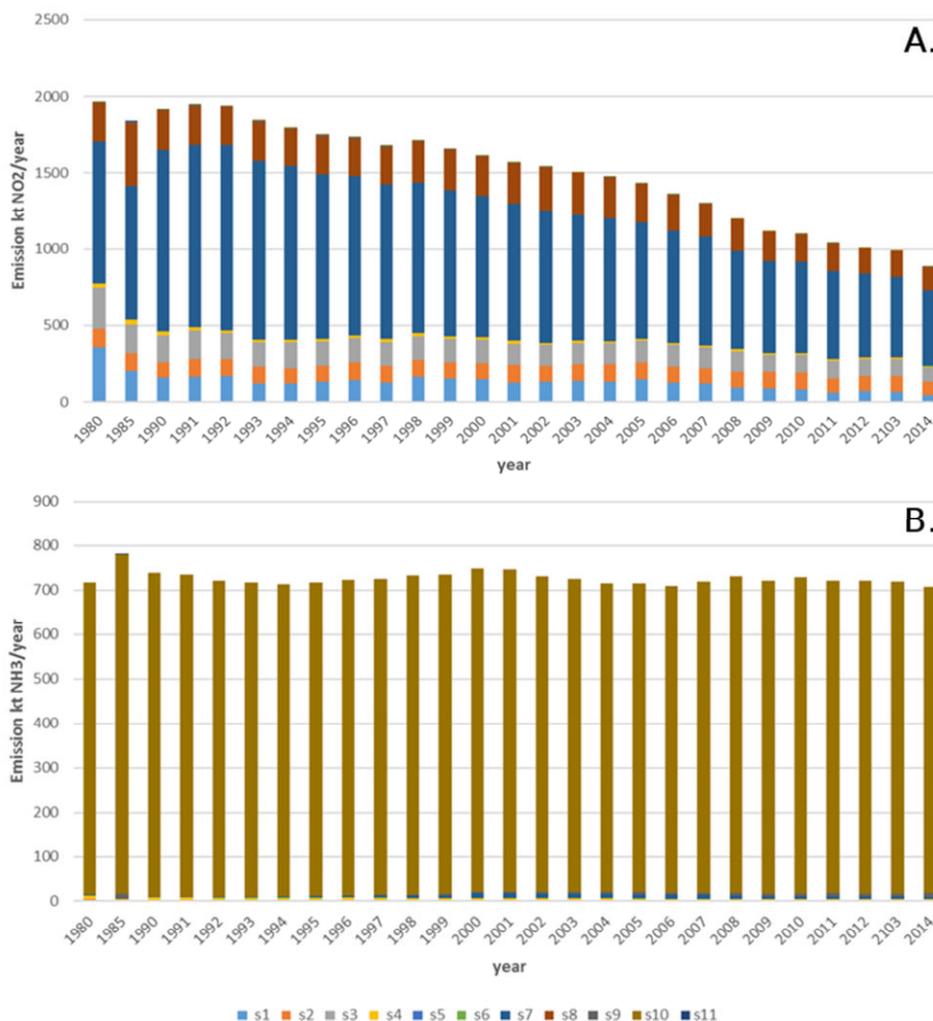


Figure 39. A. Origine des émissions d'azote oxydé et B. Origine des émissions d'azote réduit dans l'atmosphère par secteur d'activité dans la région II OSPAR. Secteur 1 : Combustion dans l'industrie de l'énergie et de la transformation ; Secteur 2 : Centrale de combustion non-industrielles; Secteur 3 : Combustion dans l'industrie de manufacture; Secteur 4 : Processus de production; Secteur 5 : Extraction et distribution d'énergies fossiles et géothermiques; Secteur 6 : Utilisation de solvant et d'autres produits chimiques; Secteur 7 : Transport routier; Secteur 8 : Autres sources de transport (incluant le trafic maritime); Secteur 9 : Traitement des déchets; Secteur 10 : Agriculture; Secteur 11: Autres sources.

4.5.3. Transports transfrontaliers hydrodynamiques

Les nutriments en provenance des bassins versants gagnent les eaux côtières et sont transportés sur de longues distances au gré de la circulation marine. Les efforts de gestion menés sur les rivières doivent être entrepris en fonction de leur impact sur la production locale. Cette problématique est délicate en cas d'apports en provenance de plusieurs sources. Du fait d'une circulation résiduelle orientée vers le nord-est, la quantification de l'importance des rejets à la zone côtière française (par la Seine et la Somme principalement) sur les efflorescences phytoplanctoniques observées en baie sud de la mer du Nord est depuis longtemps une question importante. Connaître l'origine de l'azote intégré dans la biomasse planctonique présente l'intérêt de pouvoir déterminer quels sont les rejets fluviaux sur lesquels doivent être focalisés les efforts de réduction de flux.

Il n'y a malheureusement pas d'évaluation de la participation de ce phénomène de transport transfrontalier au processus d'eutrophisation observé pour la SRM MMN pour la période 2010-2016. Toutefois, des travaux antérieurs ont été menés sur de tels phénomènes, tels que le projet EMoSEM²² sur la période 2000-2010, de façon plus ponctuelle OSPAR 2009⁶⁵ et, ciblé sur la SRM MMN, le projet LITEAU II associé au PNEC *Phaeocystis*. Ces travaux permettent d'estimer qualitativement les impacts des apports transfrontaliers en nutriments.

4.5.3.1. Les apports transfrontaliers estimés par le projet EMoSEM

Les résultats du projet EMoSEM concernant la façade française Atlantique-Manche Mer du Nord montrent que l'ensemble des cours d'eau de la SRM MMN (avec la Seine comme contributeur principal) fournissent une grande partie des besoins en nutriments du phytoplancton (indispensable pour la production primaire) de la moitié sud de la Manche Orientale (les apports restent relativement bien plaqués à la côte et exercent une forte influence jusqu'à une zone similaire à la zone intermédiaire de la SRM MMN).

Ces cours d'eau participent également, grâce aux processus d'exportation *via* les courants résiduels de la Manche, à 20-25 % des apports d'azote total au large de la baie sud de la Mer du Nord (Figure 40A). Environ 20 % de l'azote phytoplanctonique au large de la SRM MMN provient également des apports de la Loire et des cours d'eau bretons (Figure 40B).

Les résultats du projet EMoSEM ont également montré que les apports océaniques en azote inorganique dissous peuvent représenter jusqu'à 40 % de l'azote présent dans le phytoplancton de surface au large de la SRM MMN, et jusqu'à 15 % en se rapprochant des côtes (Figure 41).

⁶⁵ EUC. 2009. 3rd OSPAR Workshop on Eutrophication Modelling – Modelling Transboundary Nutrient Transport (TBNT), London 2009.

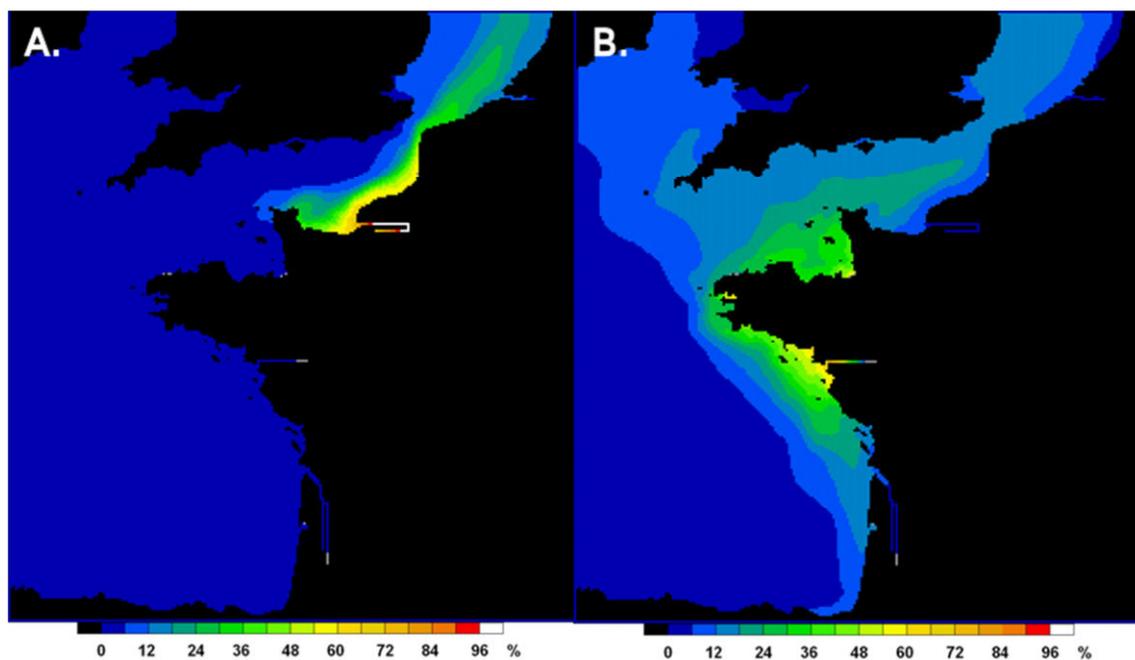


Figure 40. A. Contribution relative (%) des rivières de la façade MMN à la composition en azote du phytoplancton marin de surface. B. Contribution relative (%) des rivières de la façade MC et GdG à la composition en azote du phytoplancton marin de surface. Moyenne sur la période 2000-2010. Extrait du rapport EMoSEM²².

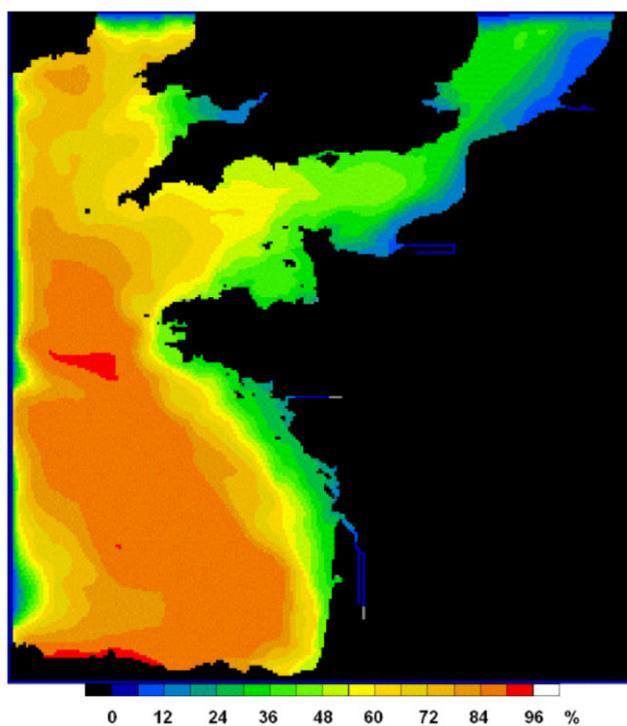


Figure 41. Contribution relative (%) du NID océanique à la composition en azote du phytoplancton marin de surface, moyenne sur la période de croissance de 2000 à 2010. Extrait du rapport EMoSEM²².

4.5.3.2. Les apports transfrontaliers estimés par le projet LITEAU II / PNEC *Phaeocystis*

Les équipes des projets LITEAU II et PNEC *Phaeocystis* ont mis en œuvre une méthode de traçage des sources d'azote initialement utilisée pour l'étude des sources d'azote impliquées dans les développements massifs de la macroalgue *Ulva* en rade de Brest (Ménèsguen *et al.*, 2006)⁶⁶. Ils ont ensuite transposé cette méthode au modèle ECO-MARS3D (Ménèsguen A., Cugier P., Vanhoutte-Brunier A. et Lefebvre A., résultats non publiés) et ainsi estimé la part d'azote inorganique dissous (NID) d'origine française qui transite par le détroit du Pas-de-Calais (Tableau 27).

Tableau 27. Évaluation par la méthode de traçage de l'azote de Ménèsguen *et al.* (2006)⁶⁶ des flux d'azote (N) et des flux d'azote marqué* (N^T) qui transitent par le détroit du Pas-de-Calais (en milliers de tonnes par an) (* Le marquage revient à affecter une « nationalité » à une source d'azote en fonction de sa source : Atlantique, France (fN^T), Belgique).

	N (10 ³ t N an ⁻¹)	N ^T (10 ³ t N an ⁻¹)	fN ^T (%) = N ^T / N
NID	147	60,4	41
Diatomées	21,7	8,47	39
<i>Phaeocystis globosa</i>	0,73	0,41	56
N total	272	104	38

Les fleuves français apparaissent ainsi responsables à hauteur de 38 % du flux d'azote total qui transite par le détroit. La part d'azote d'origine Atlantique entrant en mer du Nord par la limite sud est largement majoritaire dans le flux d'azote.

La technique de traçage permet d'estimer la proportion d'azote d'origine française intégrée dans la biomasse des groupes phytoplanctoniques. Au moyen du modèle, le bilan de l'azote d'origine française intégré dans la biomasse de diatomées et de *Phaeocystis* est réalisé au terme de l'année 1999 (Figure 42).

⁶⁶ Ménèsguen A, Cugier P et Leblond I. 2006. A new numerical technique for tracking chemical species in a multi-source, coastal ecosystem, applied to nitrogen causing *Ulva* blooms in the Bay of Brest (France). *Limnology and Oceanography*, 51, 1, 591-601.

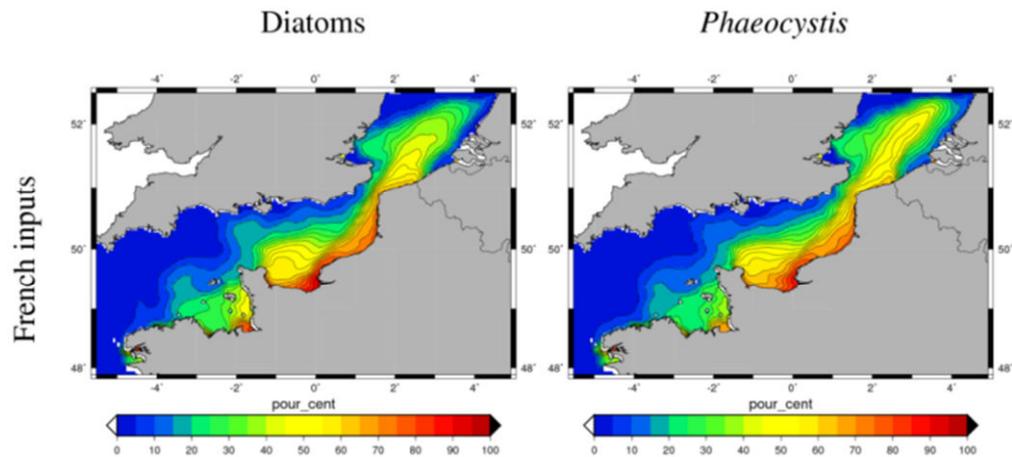


Figure 42. Pourcentage d'azote d'origine française (fN^T) intégré dans la biomasse phytoplanctonique des diatomées et de *Phaeocystis* (année 1999).

Au centre de la Mer du Nord, le signal des fleuves français est fort. Il faut relativiser cette information au regard de l'importance de la production primaire et du gradient décroissant de la côte vers le large mis en évidence dans les sections précédentes. Dans la zone côtière où la concentration maximale en *Phaeocystis* simulée est supérieure à $10 \cdot 10^6$ cellules.l⁻¹ (Figure 43), l'influence des apports des fleuves « français » est inférieure à 20 %. Pour avoir une information précise et chiffrée, des calculs ont été réalisés dans les boîtes B et F (Figure 44).

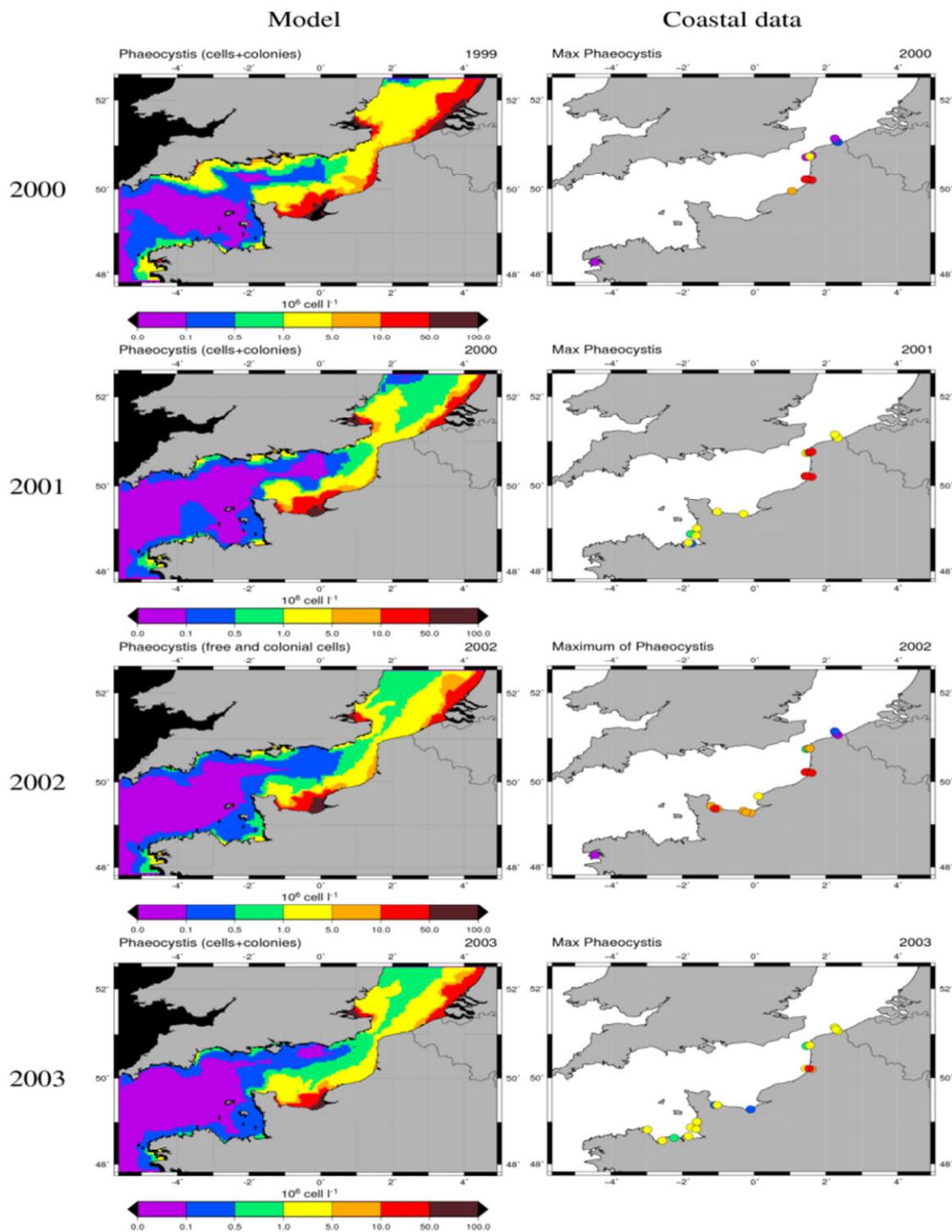


Figure 43. Concentrations cellulaires maximales de *Phaeocystis globosa* simulées par ECO-MARS3D (à gauche) et échantillonnées le long du littoral français (réseaux REPHY et SRN, à droite).

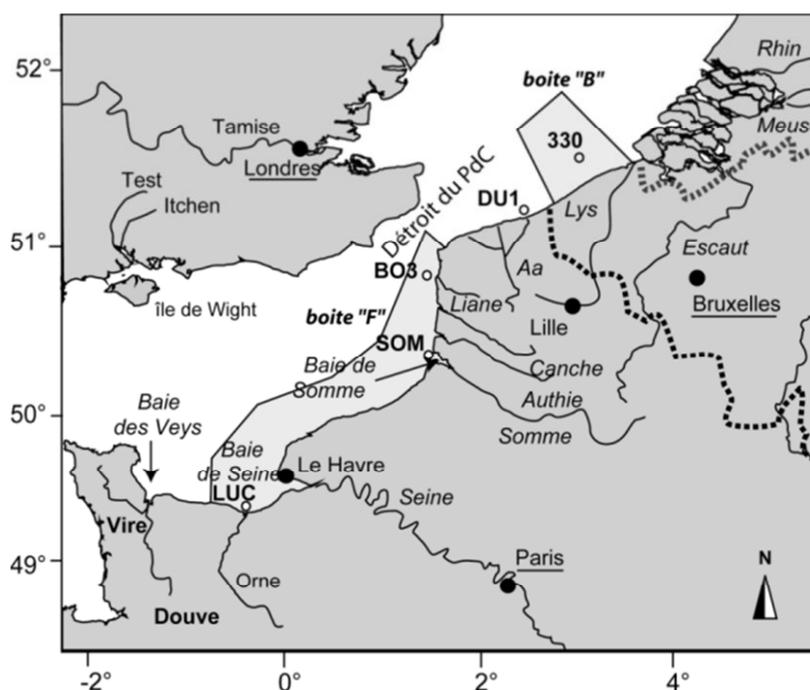


Figure 44. Points de validation du modèle ECO-MARS3D (LUC, SOM, BO3 et DU1 des réseaux RHLN, REPHY et SRN) et délimitation de boîtes « B » : zone de compétence maritime belge, et « F » : zone côtière française de Manche Orientale pour l'étude du devenir de matière.

Le tableau 28 fournit la proportion annuelle moyenne en azote des deux origines étudiées (F et B) dans deux compartiments de l'écosystème : le nitrate et les *Phaeocystis*.

Tableau 28. Pourcentage annuel moyen de nitrate (N-NO₃) et d'azote de colonies de *Phaeocystis globosa* (N-Pg) de diverses origines dans différentes zones du domaine modélisé (représentées sur la figure 44).

	<i>fN-NO₃^T</i> d'origine « F » (%)	<i>fN-NO₃^T</i> d'origine « B » (%)	<i>fN-Pg-c^T</i> d'origine « F » (%)	<i>fN-Pg-c^T</i> d'origine « B » (%)
Boîte F	70	0	80	0
Boîte B	29	22	10	40
Flux dans le détroit du PdC	41	0	56	0

En moyenne sur une année, le nitrate dans la Boîte F provient à 70 % des fleuves français et à 30 % des apports océaniques. L'azote incorporé dans les colonies de *Phaeocystis* au niveau de la zone côtière française proviendrait à 80 % des rivières françaises. Seuls 10 % de l'azote des rivières françaises serait incorporé dans les colonies de *Phaeocystis* au niveau de la zone côtière belge (Boîte B). Cela contraste avec un fort taux annuel de nitrate d'origine française au large de la côte belge. En effet,

les flux de nutriments qui transitent en Manche Orientale sont potentiellement maintenus à la côte en raison de l'existence du fleuve côtier. Dans le détroit du Pas-de-Calais, les masses d'eaux côtières plus riches en nutriments sont projetées vers le large par effet de cap au niveau du cap Gris-Nez. Elles rejoignent donc la circulation centrale de la Manche et ne vont pas impacter de manière conséquente les eaux côtières belges. La proportion de nitrate issue des fleuves français $fN-NO_3^T$ est sensiblement identique au niveau de la station 330 (39 % du NO_3) et au niveau du détroit du Pas-de-Calais (41 % du NO_3) (Figure 42).

Sur l'ensemble de la simulation, le nitrate est en moyenne à 29 % d'origine française dans la boîte « B ». En moyenne, sur l'année, l'influence des fleuves français est même supérieure dans la boîte B à celle des fleuves belgo-néerlandais (29 % et 22 %, respectivement). L'influence des rivières françaises est donc importante dans l'axe central de la baie sud de la mer du Nord. Le long des côtes belges et hollandaises, où la production de *Phaeocystis* est très importante, la part de cette production liée aux apports des rivières françaises est inférieure à 30 %. L'influence de la résiduelle du courant est importante lorsque les panaches de l'Escaut, de la Seine et du Rhin n'ont pas leur étendue maximale. Mais la production de colonies de *Phaeocystis* est majoritairement due à l'influence des apports de la Lys, de l'Escaut, de la Meuse et du Rhin, contrairement à ce que les résultats pour le nitrate auraient pu laisser penser. En effet, leur influence est même supérieure d'un facteur 2 (22 % contre 10 % pour les apports d'origine B et F, respectivement). Ceci signifie qu'au moment du bloom de *Phaeocystis*, l'étendue du panache des fleuves belgo-néerlandais est maximale et que ces derniers influent donc de manière prépondérante sur la production phytoplanctonique printanière. Ce résultat est en conformité avec les conclusions de Breton *et al.* (2006)⁶⁷ basées sur l'étude de séries temporelles de données *in situ* acquises en zone côtière belge. Cependant, selon ces auteurs, cette étendue du panache des fleuves, et par conséquent les apports de nutriments, pourra être modulée par des effets climatiques (notamment ceux liés aux variations provoquées par l'Oscillation Nord Atlantique - NAO).

4.6. Discussion sur les résultats de la SRM MMN

4.6.1. Bilan des résultats de l'évaluation DCSMM 2018 et comparaison avec l'évaluation initiale 2012.

Pour répondre aux besoins d'évaluation de l'état d'eutrophisation dans le cadre de la DCSMM, un protocole a été mis en place à l'échelle nationale, depuis la collecte de données issues de réseaux de surveillance terrain, ou de produits issus des images satellites ou de la modélisation, jusqu'à la mise au point de méthodologie d'agrégation et d'intégration pour synthétiser la masse d'information disponible, et finalement évaluer l'atteinte du BEE des masses d'eau à l'échelle nationale pour les différentes SRM.

⁶⁷ Breton E, Rousseau V et Parent J-Y. 2006. Hydroclimatic modulation of diatom / *Phaeocystis* blooms in nutrient-enriched Belgian coastal waters (North Sea). *Limnol. Oceanogr.*, 51(3): 1401-1409.

Les résultats obtenus à l'issu de l'application de cette méthodologie complexe montrent qu'à l'échelle de la Manche Mer du Nord, l'eutrophisation pose problème au niveau des embouchures des 2 principaux estuaires que sont la Somme et surtout la Seine. A la lecture des résultats par critère, il apparaît que ce problème d'eutrophisation est le fruit de l'action combinée de concentrations en nutriments élevées et d'une forte concentration en chlorophylle-*a* dans ces 2 zones. Il y a effectivement des flux en nutriments encore importants au niveau de ces 2 fleuves, dont une stagnation ou une augmentation sensible des flux de nitrates depuis les années 90 (et une diminution des phosphates). La présence de ces apports importants en nitrates (donc dus en partie aux activités agricoles) peut également expliquer le classement d'une partie du littoral de la SRM en zones sensibles à l'azote d'origine agricole selon la directive nitrate (91/676/CEE), même si l'on pourrait s'attendre à de plus fortes diminutions en raison de la mise en place de mesures dans le cadre de cette directive (qui est plutôt à but sanitaire et non écologique). Les apports liés aux rejets urbains, même s'ils sont difficilement quantifiables, semblent un peu plus maîtrisés du fait de la mise en conformité des stations d'épuration en fonction de la taille des zones urbaines.

L'absence de problème d'eutrophisation entre ces 2 zones peut être due à la dilution du panache de la Seine au niveau de la côte fleurie Normande.

En parallèle, il apparaît également que les échouages de macroalgues sont à l'origine du déclassement de quelques masses d'eau côtières normandes situées dans la Baie de Seine, et donc sous l'influence potentielle de ses rejets.

En comparaison avec la précédente évaluation initiale datant de 2012⁶⁸ (début du premier cycle du PAMM), qui faisait un état des lieux et une analyse de la qualité écologique par paramètre des eaux françaises, peu de changements sont à noter (mise à part l'étendue géographique de la SRM MMN qui a fortement diminué pour n'englober que la Manche Orientale, perdant ainsi la Manche Occidentale au profit de la SRM Mer Celtique). Les zones de maximum de concentrations en chlorophylle-*a* et en nutriments sont approximativement les mêmes que celles qui avaient conduit, lors de la première évaluation, à classer 3 grandes zones de la SRM MMN comme « zone à enjeux vis-à-vis de l'eutrophisation » (Figure 42) :

⁶⁸ DCSMM. 2012. Plan d'Action pour le Milieu Marin. Sous-région Marine Manche-Mer du Nord. Evaluation Initiale des eaux marines. 863p.

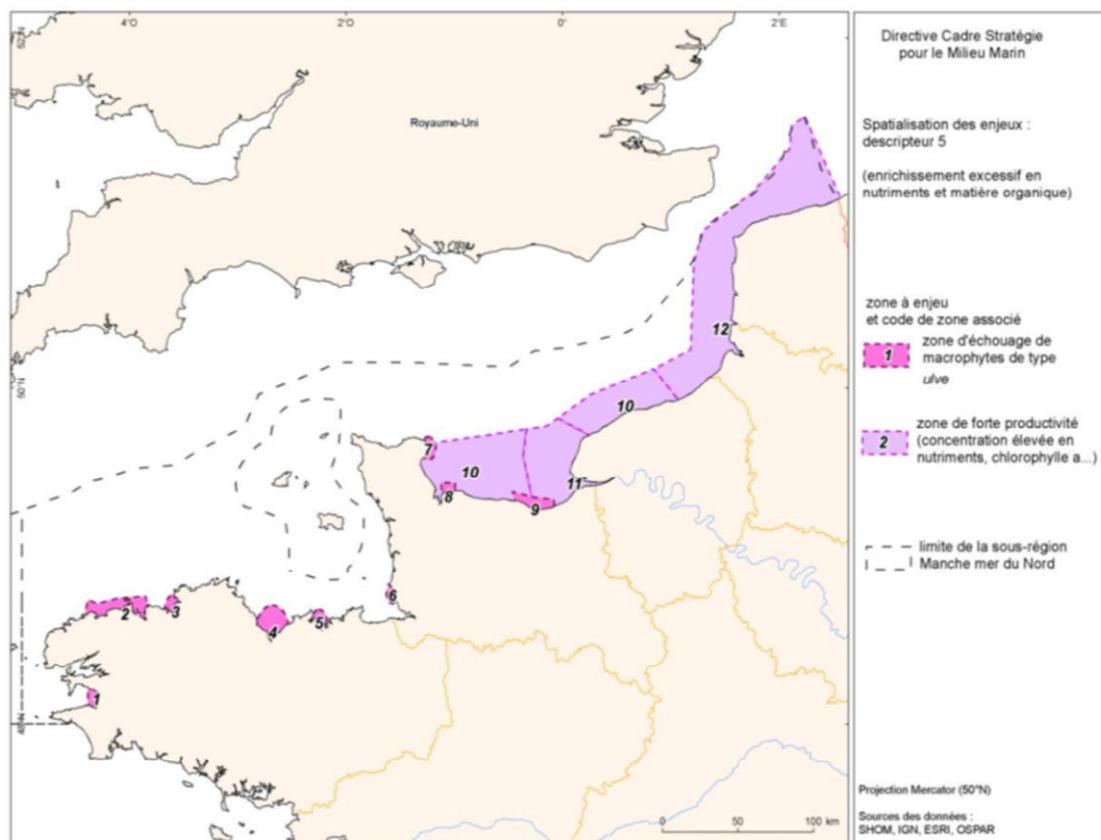


Figure 45. Zones à enjeux pour l'eutrophisation en Manche-Mer du Nord. Extrait du rapport de l'atelier de synthèse de l'évaluation initiale 2012.

- Zone 11 : estuaire et baie de Seine au sens large (fortes concentrations en chlorophylle-*a* et nutriments, prolifération de macroalgues opportunistes)
- Zone 10 : de Barfleur jusqu'à Dieppe (concentrations moyennes en chlorophylle-*a* et nutriments)
- Zone 12 : de Dieppe à la mer du Nord (fortes concentrations en chlorophylle-*a* et nutriments)

Ainsi, cette évaluation initiale de 2012 classait près de 50 % de la SRM MMN comme « zone à enjeu » (Figure 45).

Selon le protocole de classification mis en place dans la présente évaluation, la zone Baie de Seine et la partie sud de la zone Dieppe-Mer du Nord (partie centrée sur la Baie de Somme) sont toujours problématiques. La zone 10 a été classée comme ayant atteint le BEE vis-à-vis de l'eutrophisation. Les zones 7 et 9 (Figure 45) sont toujours atteintes par des échouages d'algues opportunistes, alors que la zone 8 ne rencontre plus ce problème. Au final, 5 % de la SRM MMN n'atteint pas le BEE vis-à-vis du descripteur 5.

Aucun problème d'oxygène et de turbidité n'a été détecté dans les 2 évaluations. Il est fait mention de problèmes d'algues toxiques en Baie de Seine dans l'évaluation 2012, mais malheureusement ce critère (D5C3) n'a pu être évalué faute de seuil pertinent dans l'évaluation 2018.

4.6.2. Justifications de non-utilisation d'un critère

Les critères non évalués du descripteur 5 en SRM MMN sont le D5C3 " nombre, étendue spatiale et durée des proliférations d'algues toxiques ", le D5C1 "concentration en phosphore inorganique dissous dans la colonne d'eau" à la côte, et le D5C8 " composition en espèces et abondance relative des communautés de macrofaune benthique ".

Pour le D5C3 (critère secondaire) et le D5C1 (critère primaire), il n'a pas été possible de les utiliser à cause du manque de consensus sur la définition de seuils pertinents. Cela devrait évoluer pour les prochains cycles de la DCSMM, grâce à la mise en place de groupes de travail dédiés.

Pour le D5C8 (critère secondaire), les indicateurs AMBI et M-AMBI utilisés dans le cadre de la DCE ont été qualifiés d'insatisfaisants pour répondre aux pressions d'eutrophisation exercées sur les communautés de faunes benthiques par les experts du D1 Habitats Benthiques⁶⁹ ("subjectivité du classement d'espèces dans des groupes trop restrictifs pour refléter la variabilité naturelle de celles-ci face aux variations de l'environnement"). La perfectibilité de ces indices associés au statut de critère secondaire du D5C8 font qu'ils n'ont pas été utilisés dans cette évaluation, cela évite d'ajouter des sources d'erreurs dans l'évaluation du descripteur 5 qui possèdent déjà quelques faiblesses (voir chapitre 8.2).

La non-utilisation des critères D5C6 et D5C7 en zones intermédiaire et large est due à leur non pertinence. Les proliférations d'algues opportunistes ne s'expriment qu'au niveau côtier des eaux françaises à travers les phénomènes d'échouages. Les herbiers et macroalgues pérennes ne se développent pas sous une certaine profondeur (besoin de lumière), et la profondeur étant généralement proportionnelle à l'éloignement de la côte, la plupart de ces herbiers et population de macroalgues sont majoritairement situés en zone côtière.

4.6.3. Justification de non-utilisation des évaluations des indicateurs des Conventions des Mers Régionales

En ce qui concerne la SRM MMN, une évaluation de l'état d'eutrophisation des masses d'eau a été réalisée en 2016 dans le cadre de la 3^{ème} application de la procédure Commune OSPAR (COMP3). Cette évaluation était basée sur les seules données disponibles à l'époque, les données côtières (équivalent de l'approche DCE dans la DCSMM). Cette approche a permis d'évaluer moins de 10 % de la SRM MMN. De plus, certains indicateurs utilisés ne répondaient pas exactement aux besoins de la DCSMM tel que l'indicateur phycotoxines dont l'évaluation était basé sur des seuils de risques sanitaires pour l'Homme, alors que l'évaluation de l'état d'eutrophisation dans le cadre de la DCSMM (et même OSPAR) se base plutôt sur des risques environnementaux plutôt que sanitaires.

⁶⁹ Grall J et Coïc N. 2005. Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Ifremer DYNECO/VIGIES/06-13/REBENT. 90p.

On peut donc parler d'une amélioration depuis la COMP3 OSPAR puisque l'emprise de l'évaluation est passée de 10 % à près de 100 % (grâce à l'utilisation des produits dérivés des images satellite et de la modélisation) en prenant en compte un nombre de paramètres plus important avec l'ajout des concentrations en orthophosphates au large, des herbiers et macroalgues pérennes à la côte, ainsi que la prise en compte de la turbidité (en NTU et non en mètre).

La convention OSPAR publie également une évaluation intermédiaire à l'échelle des régions OSPAR (Figure 37) pour être en phase avec les évaluations produites dans le cadre de la DCSMM. Pour cela cette évaluation intermédiaire ne prend en compte que les paramètres environnementaux OSPAR correspondant aux critères primaires de la DCSMM, pour le descripteur 5 il s'agit donc des nutriments, de la chlorophylle-*a* et de l'oxygène au fond de la colonne d'eau. La DCSMM recommande l'utilisation de tels travaux effectués dans le cadre des conventions régionales. Toutefois dans le cas de l'évaluation intermédiaire de 2017, les données *in situ* de concentrations en nutriments et en chlorophylle-*a* correspondant aux SRM françaises n'ont pas été prises en compte (l'évaluation intermédiaire de ces paramètres fait un focus sur la Mer du Nord). Seules les images satellite ont été utilisées pour rendre compte de la variabilité de la concentration en chlorophylle-*a* dans les eaux marines françaises, ce qui est déjà le cas, dans la présente évaluation. De plus les échelles de rapportage et les UGE utilisées dans le cadre de ces évaluations (régions OSPAR) ne correspondent pas à celles définies dans le cadre de la DCSMM (SRM).

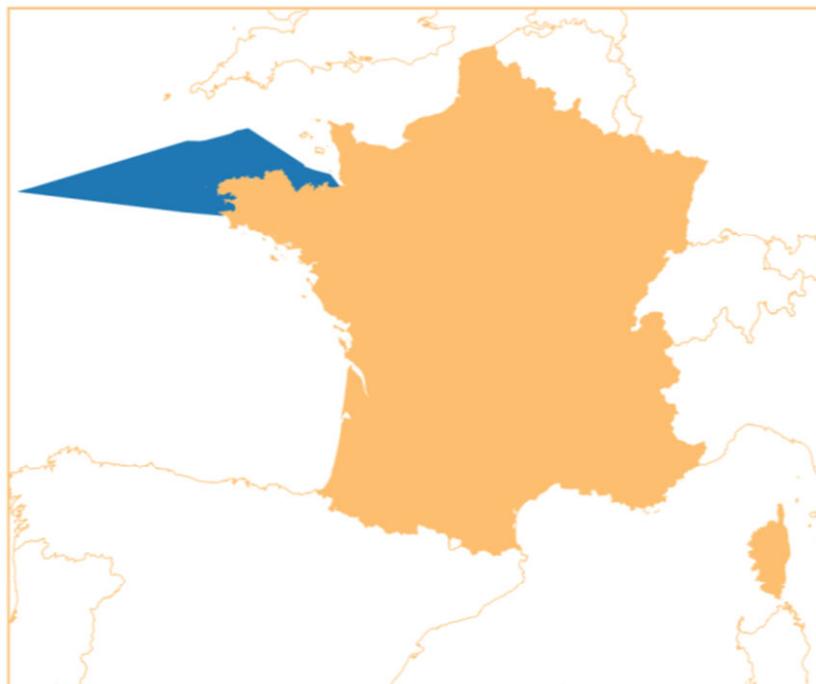
4.7. Conclusions sur les résultats de la SRM MMN

Les efforts entrepris pour répondre le plus étroitement possible aux exigences de la DCSMM en termes d'évaluation de l'état d'eutrophisation des eaux françaises ont conduit à une très nette amélioration de la qualité de l'évaluation (en termes d'emprise spatiale et de nombre de critère utilisé), comparativement à l'évaluation 2012 et même par rapport à la COMP3 d'OSPAR réalisée seulement 2 ans plus tôt. Cela nous a conduit à définir des zones précises où l'eutrophisation pose un problème et où les efforts, en termes de mesure à mettre en place, pourront se concentrer. Ces zones, situées aux embouchures de la Seine et de la Somme, ne représentent toutefois que 5% de la superficie de la SRM MMN. Des améliorations restent à apporter, notamment sur la définition des seuils, autant à la côte qu'au large, et sur la cohérence des évaluations côte-large. Il faudra également assurer la pérennisation de certains outils numériques (traitement des images satellite et des produits de la modélisation) à long terme, sous peine de voir le fruit de tous ces efforts disparaître lors des prochains cycles DCSMM.

Messages forts :

- Fruit de collaborations aussi bien à l'échelle locale qu'à l'échelle européenne (OSPAR)
- 5 % de la superficie de la SRM MMN en Non BEE pour le descripteur 5
- Plus de 99 % de la superficie de la SRM MMN évaluée
- Nette amélioration de la qualité de l'évaluation depuis le 1^{er} Cycle DCSMM (2012) et la COMP3 OSPAR
- Encore de nets progrès à faire sur la définition des seuils
- Besoin impératif de pérenniser et d'améliorer les systèmes d'acquisition de données comme les produits dérivés des images satellite et de la modélisation.

5. Évaluation du descripteur 5 pour la SRM MC



5.1. Éléments considérés pour l'évaluation du D5 dans la SRM MC

Les éléments qui ont été utilisés pour effectuer l'évaluation du descripteur 5 sont ceux pour lesquels des données ont été identifiées et pour lesquels un seuil a pu être calculé. Pour la SRM Mer Celtique, ces éléments ont été listés dans le chapitre 3.3.9 et le tableau 19 ; ce sont :

- la concentration en NID (azote inorganique dissous) pour la côte et en nitrates pour le large,
- la concentration en PID (phosphate inorganique dissous) pour le large,
- la concentration en chlorophylle-*a*,
- la transparence de l'eau (en NTU),
- la concentration en oxygène dissous au fond,
- les échouages de macroalgues opportunistes (non pertinent au large),
- les herbiers et macroalgues pérennes (non pertinent au large).

Tous les critères primaires sont ainsi évalués dans l'ensemble de la SRM MC.

Le critère secondaire "macrofaune benthique" ne sera pas renseigné ici en raison de la faible pertinence de son indicateur (voir chapitre 3.3.8).

Le critère secondaire "algues nuisibles" ne sera pas non plus présenté du fait d'un manque de consensus sur l'établissement de seuils adaptés à chaque groupe d'espèce nuisible (voir chapitre 3.3.3).

5.2. Données utilisées pour l'évaluation du descripteur 5 dans la SRM MC

5.2.1. Réseaux côtiers

Les données NID (nitrate + nitrite + ammonium : D5C1), chlorophylle-*a* (D5C2), turbidité (D5C4) et oxygène (D5C5) utilisées pour l'évaluation à la côte (< 1 mn) sont mesurées par le biais du réseau national REPHY (Figure 46) aux périodes et fréquences présentées dans le tableau 17. Certains points du réseau REPHY sont en voie de labellisation dans le cadre des Systèmes Nationaux d'Observation (SNO, Figure 46). Pour la SRM MC ces points sont : les Hébihens, Loguivy et Kervel large.

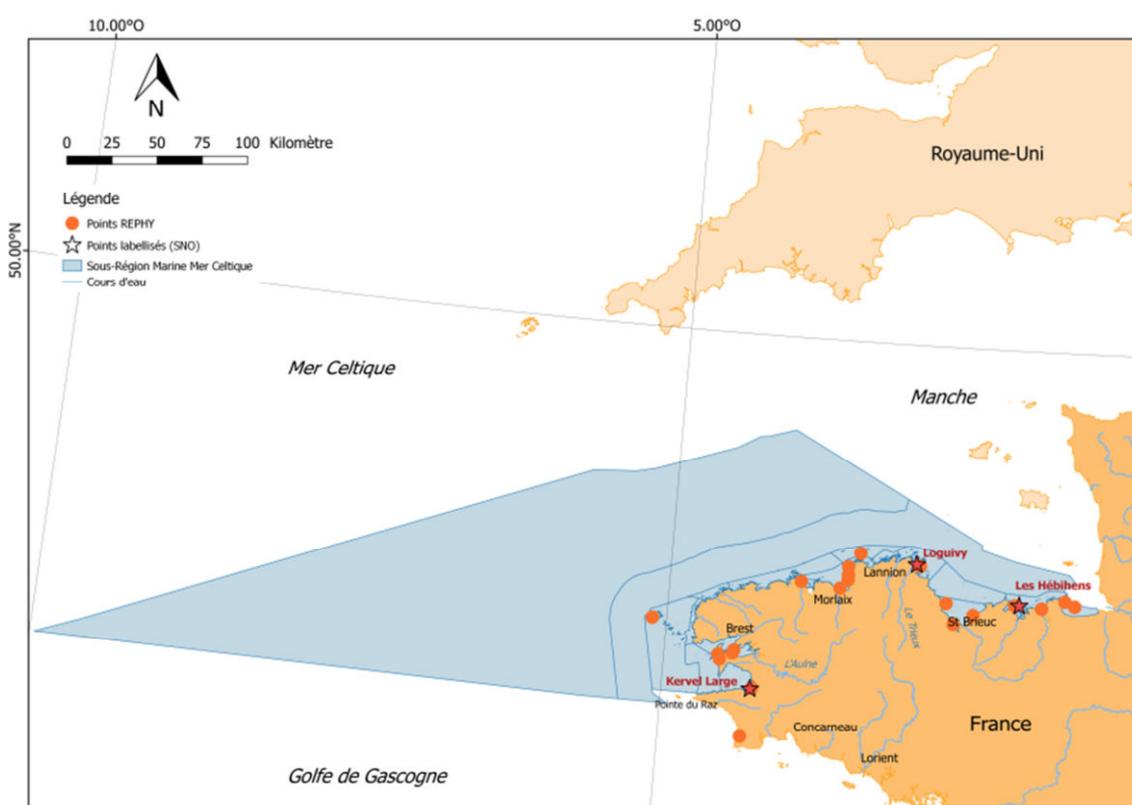


Figure 46. Points de prélèvements de la sous-région marine Mer Celtique utilisées pour effectuer l'évaluation des critères D5C1, D5C2, D5C4 et D5C5 à la côte. Les étoiles représentent les points labellisés du Système National d'Observation (SNO) pour lesquels les tendances temporelles du paramètre chlorophylle-*a* ont été analysées. Source : Ifremer, DEB.

Une analyse des évolutions temporelles sera effectuée sur ces points labellisés en ce qui concerne le paramètre concentration en chlorophylle-*a* pour rendre compte de son évolution avant et pendant la période d'évaluation. Cette analyse a été faite *via* un test non paramétrique Mann-Kendall saisonnier⁵⁴⁻⁵⁵ associé à un lissage LOESS⁵⁶ pour observer plus finement les cassures de tendance dans les séries temporelles. Ces tests ont été exécutés *via* l'interface d'analyse de tendance temporelle "TTAinterface"⁵⁷ développé en langage R.

Les données mesurées dans le cadre du REPHY sont stockées dans la base Quadrige² d'où elles sont directement extraites pour alimenter le calcul des indicateurs DCSMM *via* des scripts développés par le service VIGIES de l'Ifremer. D'autres sources de données existent (RESOMAR, SISMER, CORIOLIS) et ont été rendues disponibles pour l'évaluation 2018, mais leur format étant différent de celui utilisé dans le cadre des routines de calcul de la DCE, leur utilisation n'a pas été possible pour cette évaluation. Les données ont été extraites sur la période 2010 - 2015 pour le calcul des indicateurs.

Concernant le D5C6, les données de superficie d'algues opportunistes échouées sont obtenues par survols aériens. La zone survolée pour la SRM MC va de la partie sud de la Baie du Mont Saint Michel (MEC FRGC01) à la Pointe-du-Raz (limite sud MEC FRGC17) (Figure 47 et Tableau 4). Les données utilisées pour les calculs de l'indicateur sont celles mesurées sur la période 2010 – 2015 (cycle DCE de 6 ans). Toutes les données utilisées actuellement pour calculer l'indice d'algues opportunistes DCE proviennent de la géodatabase du CEVA et devraient être totalement intégrées à Quadrige² d'ici fin 2017. Aucune autre source de données n'a pour l'instant été identifiée comme pertinente pour renseigner cet indicateur.

Toutes les données utilisées actuellement pour calculer les indices basés sur les communautés de macroalgues et herbiers pérennes (D5C7) dans le cadre de la DCE proviennent de la surveillance REBENT-DCE. Les données n'ont été qu'en partie bancarisées dans Quadrige², et donc par défaut de centralisation, chaque laboratoire responsable des MEC de sa façade effectue le calcul de cet indicateur sur ses MEC ; les résultats de ces évaluations sont ensuite centralisés dans le cadre de la DCE puis adaptés pour les besoins de la DCSMM. La base de données RESOMAR Benthos a également été identifiée comme source potentielle de données. Toutefois, la base de données du RESOMAR n'étant pas disponible dans un format compatible avec les routines R de calcul de l'évaluation, elle ne sera pas utilisée pour l'évaluation DCSMM 2018.



Figure 47. Linéaire survolé pour déterminer les zones d'échouage de macroalgues opportunistes et leur superficie. Sources : CEVA⁷⁰.

⁷⁰ CEVA. 2014. Contrôle de surveillance DCE 2014. Suivi des blooms de macroalgues opportunistes. 71p.

5.2.2. Données des zones intermédiaire et large

Pour les zones intermédiaire et large, les données nutriments (nitrate et PID) et oxygène de fond sont issues du modèle hydrodynamique ECO-MARS3D qui fournit des données journalières pour la période 2012-2016. Le protocole d'extraction et de calcul ainsi que les caractéristiques de ces données sont détaillés dans le chapitre 3.4. Pour la SRM MMN, cela représente 602 fichiers rasters pour les nutriments et 610 pour l'oxygène contenant chacun 8 980 pixels pour un total de ~5 400 000 données par nutriment et ~ 1 300 000 données pour l'oxygène ayant servi à effectuer l'évaluation du D5C1 et du D5C5 pour la période 2012-2016.

Les données de chlorophylle-*a* et transparence sont issues des produits dérivés des images satellites journalières. Le protocole d'extraction et de calcul ainsi que les caractéristiques de ces données sont détaillés dans le chapitre 3.4. Pour la SRM MMN, cela représente 1 705 fichiers rasters contenant chacun 31 433 pixels pour un maximum de ~53 600 000 données pouvant servir à effectuer l'évaluation du D5C2 et du D5C4 en zones intermédiaire et large pour la période 2010-2016. Toutefois ce nombre ne prend pas en compte les pixels inexploitable à cause des couvertures nuageuses; le nombre réel de données exploitées pour l'évaluation sera donné dans le chapitre suivant.

5.3. Résultats de l'évaluation par critère pour la SRM MC

Les résultats de l'évaluation seront d'abord présentés sous forme de synthèses cartographiques et commentés par critère puis pour le descripteur 5 dans son ensemble. Les résultats numériques par indicateurs sont donnés en annexe 11.3.

5.3.1. D5C1 : Concentration en nutriments dans la colonne d'eau

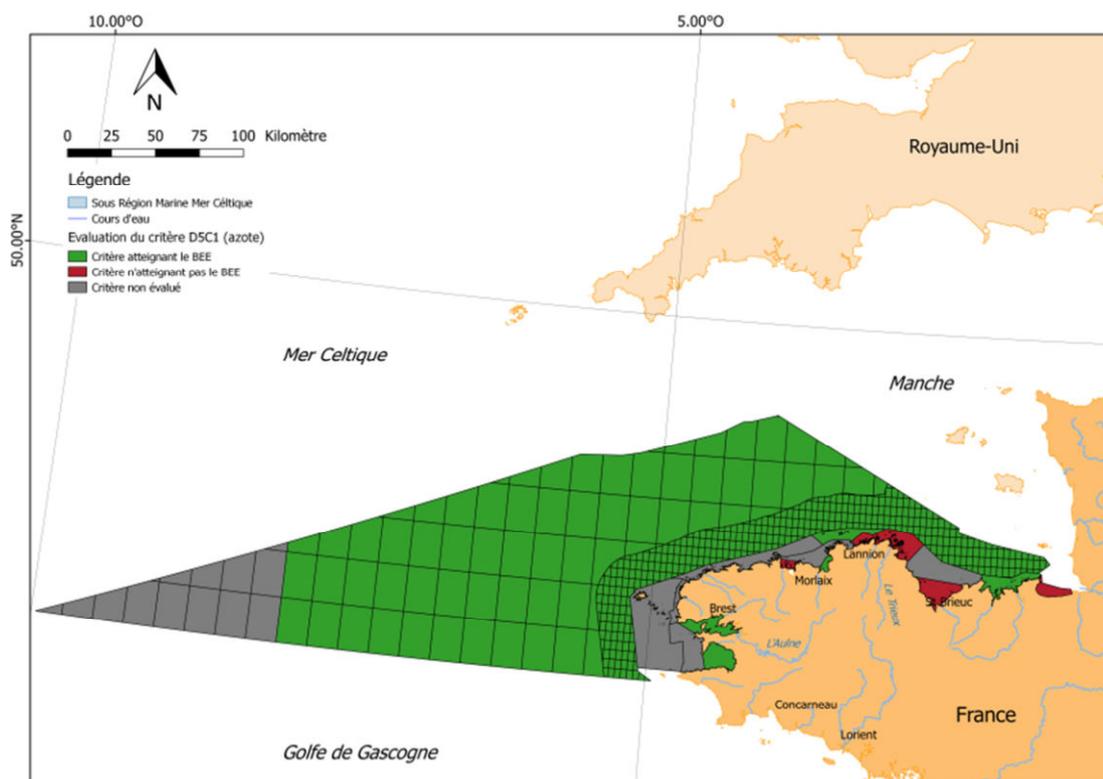


Figure 48A. Évaluation du critère D5C1 (éléments nitrate en zones intermédiaire et large et NID à la côte) dans la sous-région marine Mer Celtique. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données.

L'évaluation de l'état du critère D5C1 montre que les zones large et intermédiaire atteignent le BEE vis-à-vis des éléments nitrate et PID (Figure 48A et Figure 48B respectivement).

La zone côtière montre 4 MEC dégradées vis-à-vis des NID ($812 \text{ km}^2 = 16,5 \%$ de la zone côtière de la SRM, Tableau 29A) et 5 MEC atteignant le BEE ($974 \text{ km}^2 = 20 \%$ de la zone côtière de la SRM, Tableau 29A). Six MEC n'ont pas été évaluées ($3\,087 \text{ km}^2$ de côte = 63% de la superficie des MEC de la SRM, Tableau 29A). Les PID ne sont pas évalués à la côte.

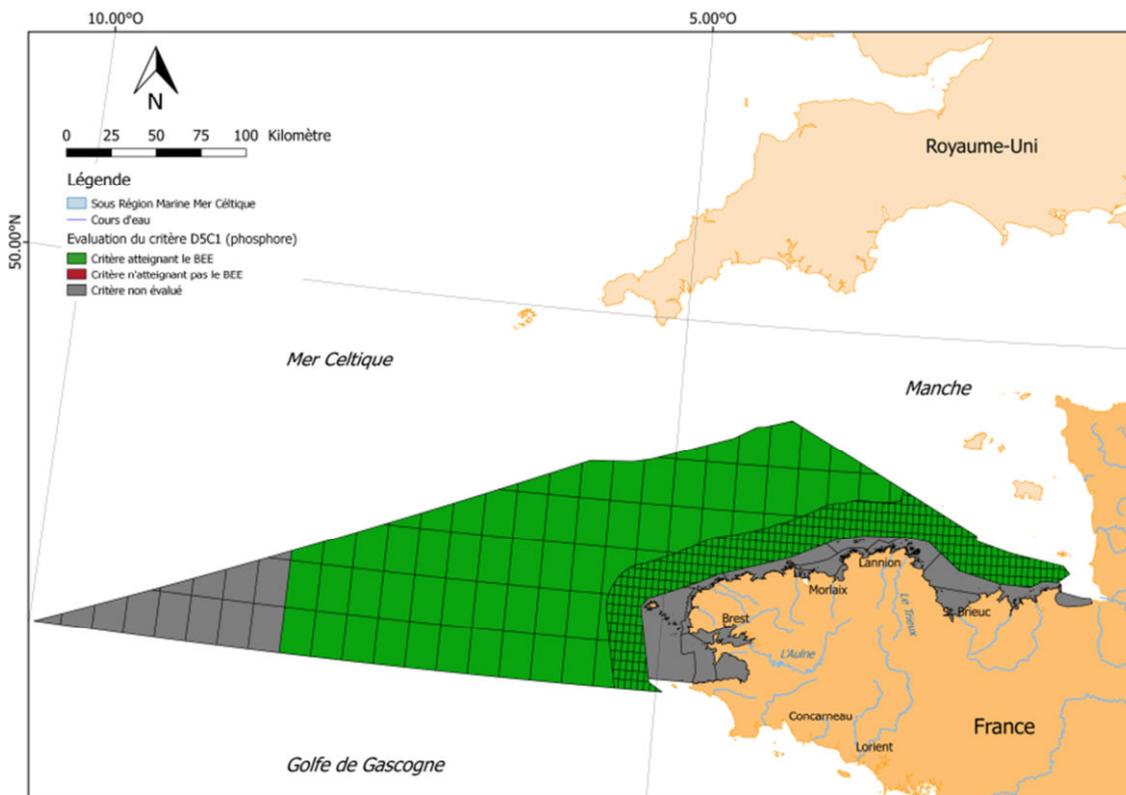


Figure 49B. Évaluation du critère D5C1 (élément PID) dans la sous-région marine Manche-Mer du Nord. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données ou par manque de seuil.

83% de la SRM a été évaluée numériquement vis-à-vis de l'azote (Tableau 29A) et 78,5 % vis-à-vis de phosphates (Tableau 29B). Toutefois, à la vue de l'état de la zone au large de la SRM et à dire d'expert, la zone non évaluée à l'extrême ouest de la SRM peut être considéré comme étant en bon état vis-à-vis du critère D5C1.

La superficie de la SRM MC n'atteignant pas le BEE est de 812 km² pour les nitrates (~2 % de la SRM). Les phosphates ne déclassent aucune UGE dans la SRM MC.

Toutes les masses d'eau côtières ont été évaluées avec une confiance de l'estimation proche de 100 % (probabilité que la masse d'eau atteigne ou n'atteigne effectivement pas le BEE).

Concernant la zone côtière cette évaluation a été réalisée à partir d'un total de 225 données de concentration en NID (6 années de mesures mensuelles de novembre à février). Pour les zones intermédiaire et large, 1 282 260 données de concentration en nitrate et autant pour celles de PID ont été extraites du modèle ECO-MARS3D pour effectuer l'évaluation entre 2012 et 2016.

Tableau 29A. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine MC dans les différents états écologiques à l'issu de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C1 (éléments azotés).

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	974	812	3087
	%	20,0	16,7	63,3
Intermédiaire	Superficie	6705	0	0
	%	100	0	0
Large	Superficie	27422	0	4464
	%	86	0	14
SRM	Superficie	35101	812	7551
	%	80,8	1,9	17,4

Tableau 29B. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine MC dans les différents états écologiques à l'issu de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C1 (éléments phosphorés).

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	0	0	4873
	%	0	0	100
Intermédiaire	Superficie	6705	0	0
	%	100	0	0
Large	Superficie	27422	0	4464
	%	86	0	14
SRM	Superficie	34127	0	9337
	%	78,5	0	21,5

5.3.2. D5C2 : Concentration en chlorophylle-*a* dans la colonne d'eau

5.3.2.1. Cartographie

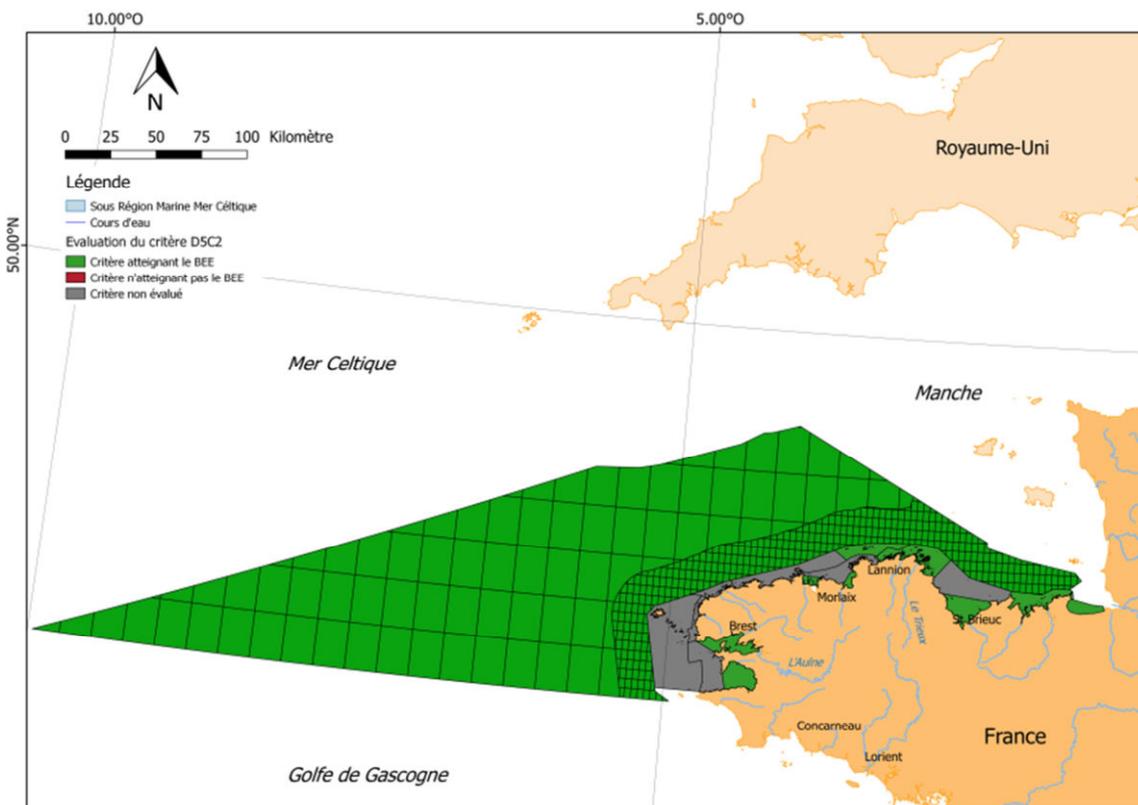


Figure 50. Évaluation du critère D5C2 dans la sous-région marine Mer Celtique. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données.

L'évaluation de l'état du critère D5C2 indique que la SRM MC ne montre aucune UGE déclassée vis-à-vis de la chlorophylle-*a* (Figure 50).

Seules 6 MEC de la zone côtière n'ont pas été évaluées (3 087 km² de côte = 63 % de la superficie des MEC de la SRM et 7 % de la SRM, Tableau 30), ainsi 93 % de la SRM a été évaluée vis-à-vis du D5C2.

Toutes les masses d'eau côtières évaluées l'ont été avec une confiance de 100 % (probabilité que la masse d'eau atteigne ou n'atteigne effectivement pas le BEE).

Concernant la zone côtière, cette évaluation a été réalisée à partir d'un total de 428 données (~6 années de mesures mensuelles de concentration en chlorophylle-*a* de mars à octobre). Pour les zones intermédiaire et large, 15 551 128 données de concentration en chlorophylle-*a* exploitables⁶⁰ ont été extraites des produits issus des images satellites pour effectuer l'évaluation entre 2010 et 2016.

Tableau 30. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine MC dans les différents états écologiques à l'issu de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C2.

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	1786	0	3087
	%	37	0	63
Intermédiaire	Superficie	6705	0	0
	%	100	0	0
Large	Superficie	31886	0	0
	%	100	0	0
SRM	Superficie	40377	0	3087
	%	92,9	0	7,1

5.3.2.2. Tendances temporelles

Les tendances temporelles de la variation de la concentration en chlorophylle-*a* ont été analysées avec le teste non paramétrique Mann-Kendall saisonnier sur trois points côtiers du réseau de surveillance REPHY labellisés dans le cadre du SNO (Figure 46 et Figure 51).

Les 3 points montrent des variations de concentration en chlorophylle-*a* entre 1 µg.l⁻¹ et 8 µg.l⁻¹. Sur les 3 points la concentration en chlorophylle-*a* montre une diminution significative de 2007 à 2012. Cette tendance continue jusqu'en 2017 sur le point Kervel Large. Il n'y a plus de tendance après 2007 sur le point Longuivy. La concentration en chlorophylle-*a* augmente significativement entre 2012 et 2017 sur le point les Hébihens.

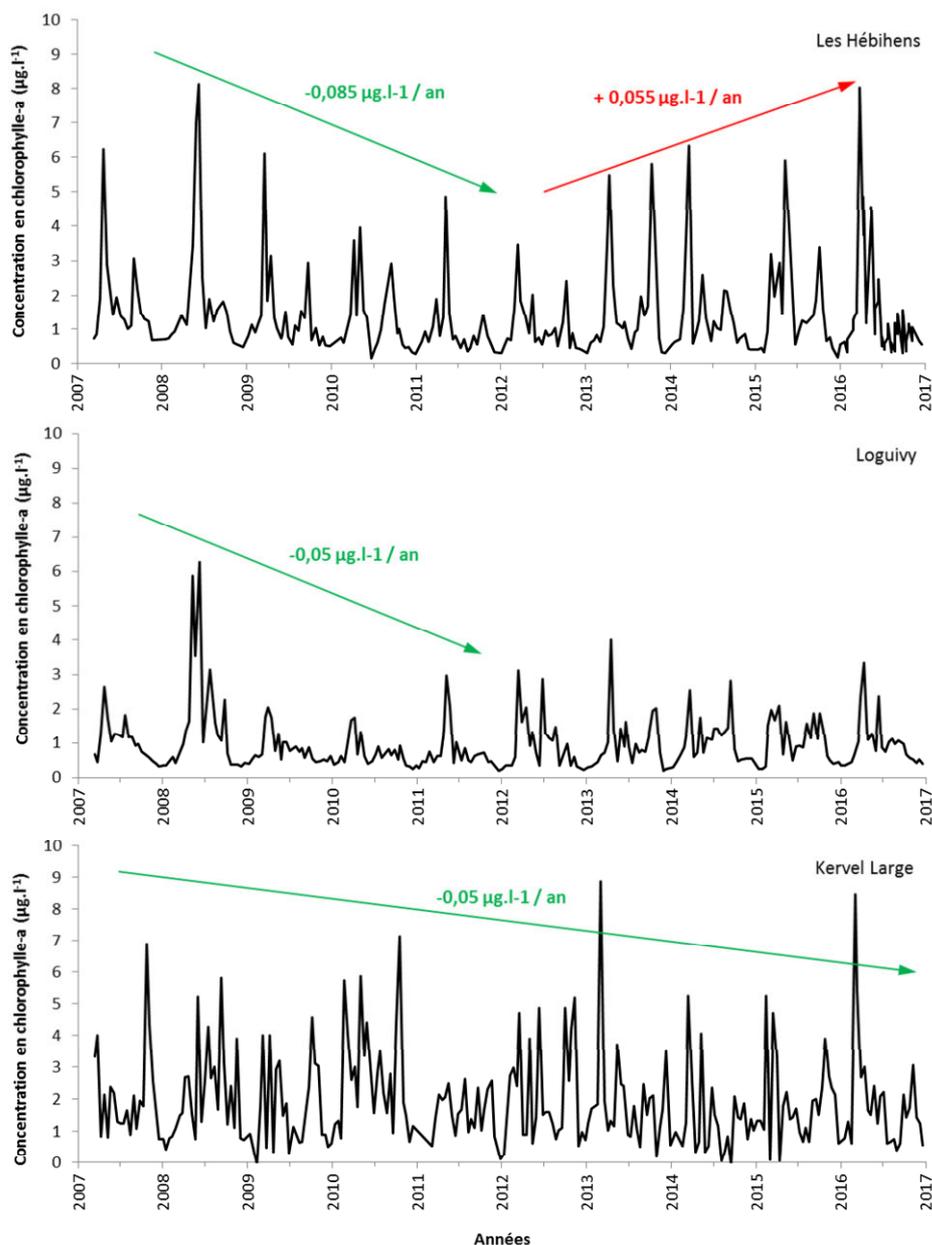


Figure 51. Variation de la concentration en chlorophylle-a sur les 3 points du réseau REPHY de la SRM MC labellisé dans le cadre du SNO. Les flèches et données en rouge montrent les tendances significatives à la hausse (test Mann-Kendal saisonnier et p.value > 0,05), les flèches et données en vert montrent les tendances significatives à la baisse et les flèches noires l'absence de tendance significative.

5.3.3. D5C4 : Transparence de la colonne d'eau

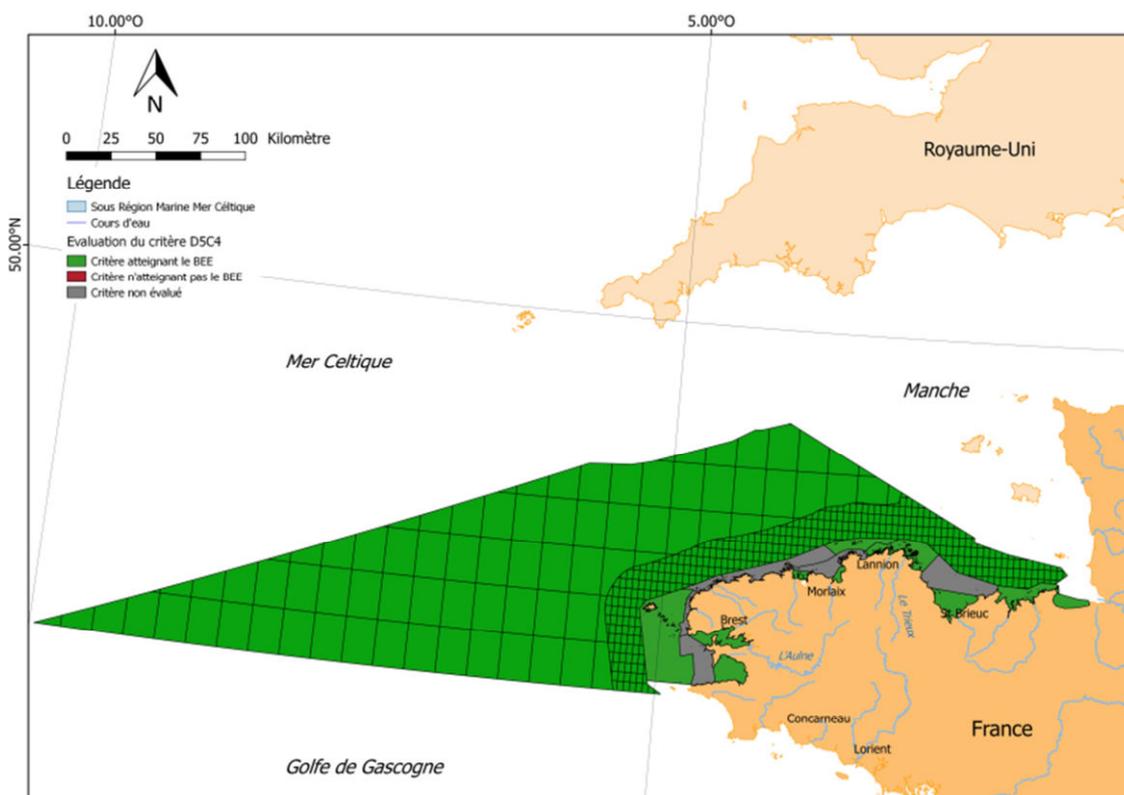


Figure 52. Évaluation du critère D5C4 dans la sous-région marine Mer Celtique. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données.

L'évaluation de l'état du critère D5C4 montre qu'aucune zone de la SRM MC n'est déclassée vis-à-vis de la turbidité (Figure 52).

Sur les 15 MEC de la SRM MC, 10 ont été évaluées. Ainsi 96 % de la SRM a été évaluée vis-à-vis du critère D5C4 (Tableau 31). Toutes les masses d'eau côtières évaluées l'ont été avec une confiance de l'estimation de 100 % (probabilité que la masse d'eau atteigne ou n'atteigne effectivement pas le BEE).

Concernant la zone côtière, cette évaluation a été réalisée à partir d'un total de 473 données (~6 années de mesures de turbidité mensuelles de mars à octobre). Pour les zones intermédiaire et large, 15 551 002 données de turbidité exploitables⁶⁰ ont été extraites des produits issus des images satellites pour effectuer l'évaluation entre 2010 et 2016.

Tableau 31. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine MC dans les différents états écologiques à l'issu de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C4.

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	3106	0	1767
	%	64	0	36
Intermédiaire	Superficie	6705	0	0
	%	100	0	0
Large	Superficie	31886	0	0
	%	100	0	0
SRM	Superficie	41697	0	1767
	%	95,9	0	4,1

5.3.4. D5C5 : Concentration en oxygène dissous au fond de la colonne d'eau

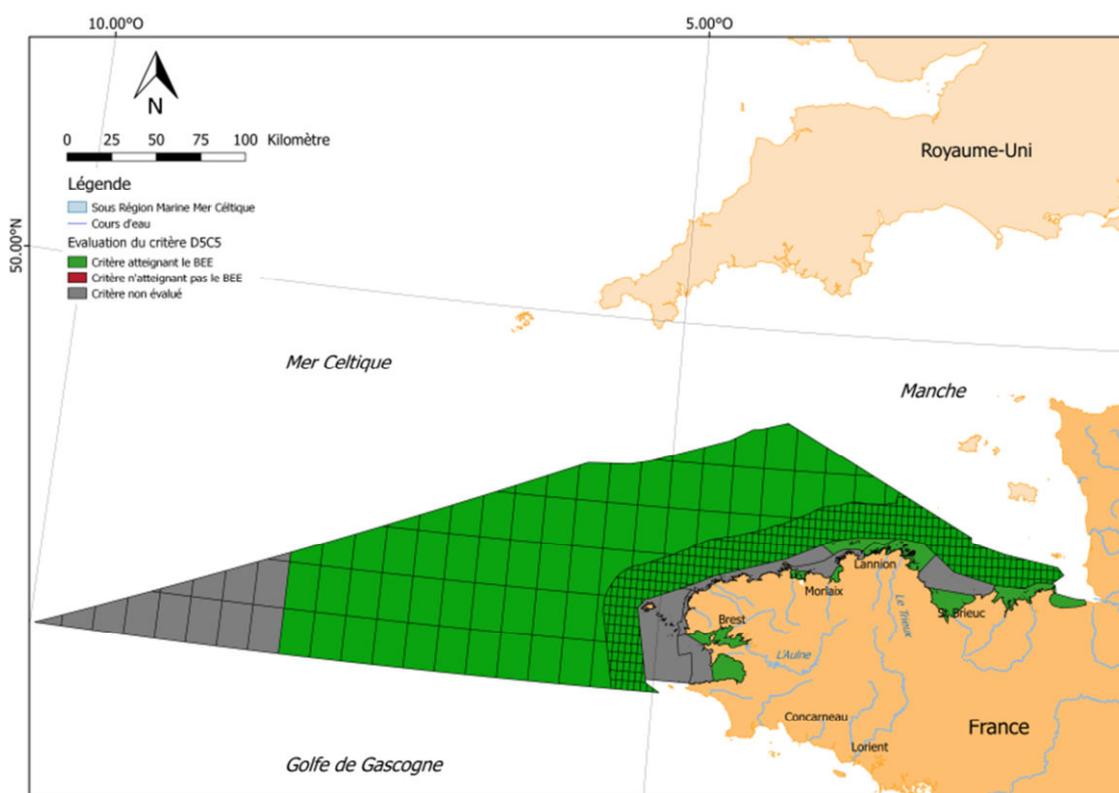


Figure 53. Évaluation du critère D5C5 dans la sous-région marine Mer Celtique. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données.

L'évaluation de l'état du critère D5C5 montre qu'aucune zone de la SRM MC n'est déclassée vis-à-vis de l'oxygène dissous au fond (Figure 53). Sur les 15 MEC de la

SRM MC 9 ont été évaluées. Ainsi 83 % de la SRM a été évaluée vis-à-vis du critère D5C5 (Tableau 32). Toutefois, à la vue de l'état de la zone au large de la SRM et à dire d'expert, la zone non évaluée à l'extrême ouest de la SRM peut être considéré comme étant en bon état vis-à-vis du critère D5C5.

Toutes les masses d'eau côtière évaluées l'ont été avec une confiance de 100 % (probabilité que la masse d'eau atteigne ou n'atteigne effectivement pas le BEE).

Concernant la zone côtière cette évaluation a été réalisée à partir d'un total de 85 données (~6 années de mesures mensuelles de concentrations en oxygène dissous au fond de juin à septembre). Pour les zones intermédiaire et large 1 299 300 données oxygène dissous ont été extraites du modèle ECO-MARS3D pour effectuer l'évaluation entre 2012 et 2016.

Tableau 32. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine MC dans les différents états écologiques à l'issu de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C5.

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	1786	0	3087
	%	37	0	63
Intermédiaire	Superficie	6705	0	0
	%	100	0	0
Large	Superficie	27422	0	4464
	%	86	0	14
SRM	Superficie	35913	0	7551
	%	82,6	0	17,4

5.3.5. D5C6 : Macroscopiques opportunistes des habitats benthiques

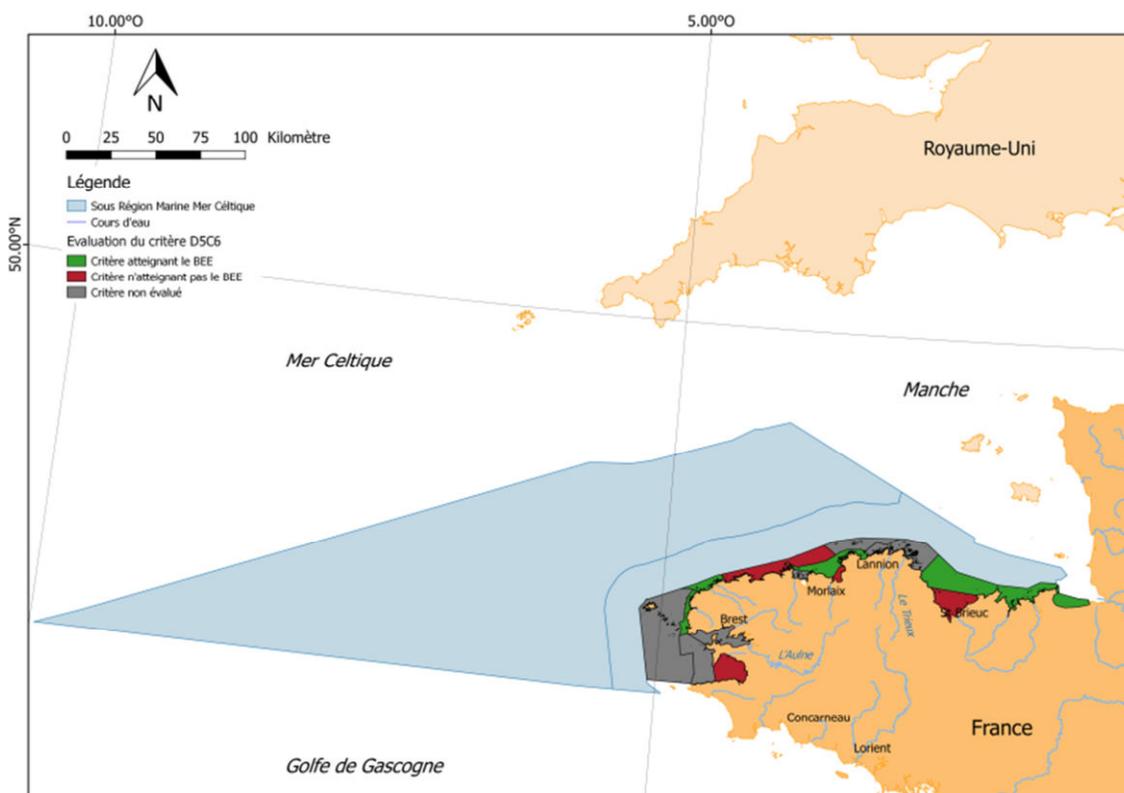


Figure 54. Évaluation du critère D5C6 dans la sous-région marine Mer Celtique. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE, en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données.

L'évaluation de l'état du critère D5C6 n'a été réalisée qu'à la côte puisqu'elle n'est pas pertinente pour les zones intermédiaire et large (Figure 54). Sur les 15 MEC de la SRM MC, 6 n'ont pas été évaluées ($2\,550\text{ km}^2 = 52\%$ de la zone côtière de la SRM) et 4 ont été évaluées en mauvais état ($982\text{ km}^2 = 20\%$ de la zone côtière de la SRM) (Baie de Douarnenez, Fond de Baie de Saint-Brieuc, Baie de Lannion et Trégor), ces dernières étant toutes des masses d'eau de type 1 (baies sableuses et dépôts mobiles). Cinq MEC ont été évaluées en bon état ($1\,342\text{ km}^2 = 28\%$ de la zone côtière de la SRM).

Parmi les 6 MEC non évaluées figurent les MEC FRGC07 (Paimpol - Perros-Guirec) et FRGC016 (Rade de Brest) qui avaient été évaluées en bon état pour le cycle 2008-2012.

5.3.6. D5C7 : Communautés de macrophytes des habitats benthiques

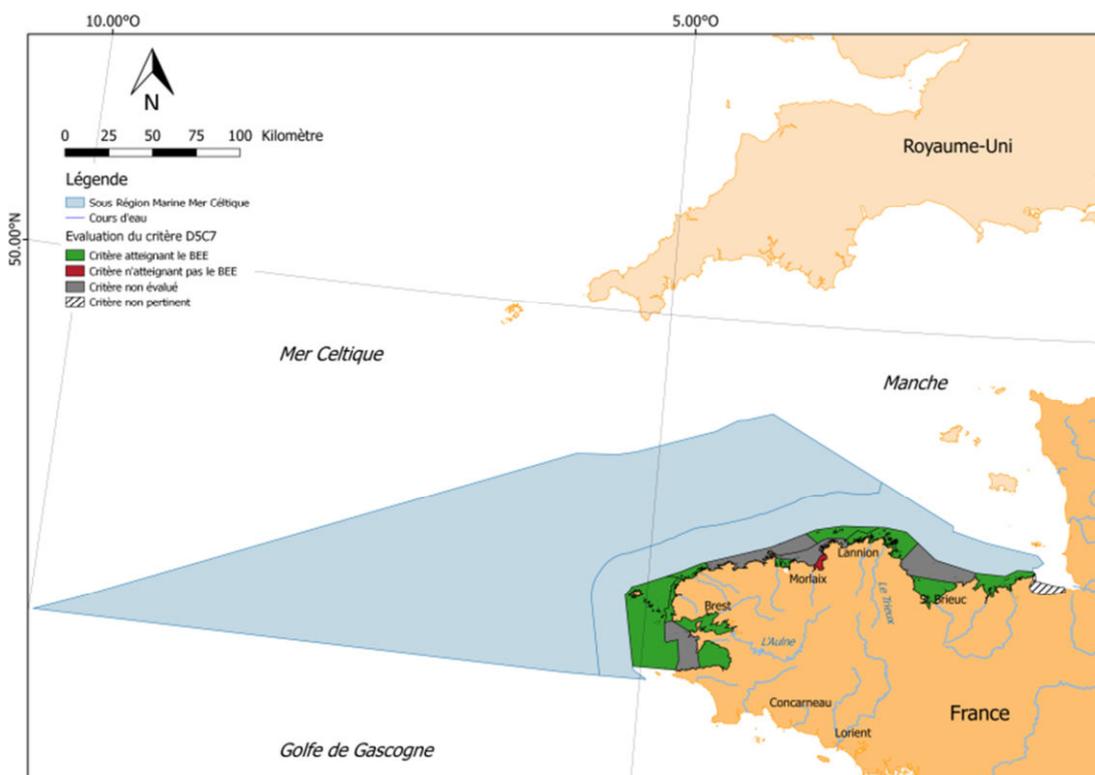


Figure 55. Évaluation du critère D5C7 dans la sous-région marine Mer Celtique. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE, en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données et en blanc où elle est jugée non pertinente.

L'évaluation de l'état du critère D5C7 n'a été réalisée qu'à la côte puisqu'elle n'est pas pertinente pour les zones intermédiaire et large (Figure 55). Sur les 15 MEC de la SRM MC, une n'est pas pertinente pour ce critère (FRGC01 = Baie du Mont-Saint-Michel, masse d'eau ne possédant pas de formation végétale remarquable à suivre au titre de la DCE), 4 n'ont pas été évaluées (1 581 km², ~32,5 % de la zone côtière de la SRM), une est en mauvais état (FRGC10 Baie de Lannion, 38,35 km², <1 % de la zone côtière de la SRM) et 9 en bon état (3126 km², ~64 % de la zone côtière).

5.4. Résultats au niveau du descripteur 5 pour la SRM MC

5.4.1. Évaluation de la SRM

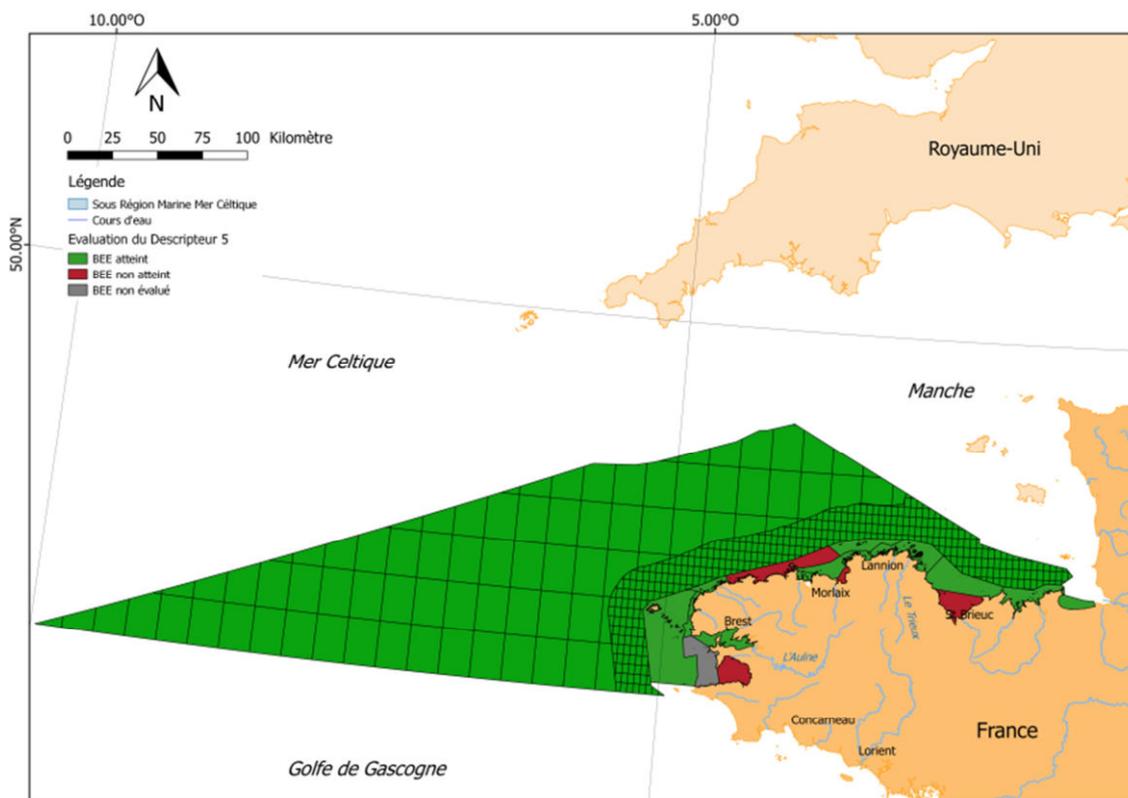


Figure 56. Évaluation du descripteur 5 dans la sous-région marine Mer Celtique. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le descripteur 5 atteint le BEE, les UGE en rouge dans lesquelles il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation du BEE.

L'évaluation du descripteur 5 effectuée suivant le protocole détaillé dans les chapitres précédents et sur la base des résultats obtenus pour chaque critère montre que les zones intermédiaire et large ne sont pas touchées par le phénomène d'eutrophisation tel que décrit dans la DCSMM (Figure 56). En zone côtière, seules 4 MEC sont considérées comme ne pouvant pas atteindre le BEE en raison des problèmes d'eutrophisation (MEC dégradée à cause des blooms de macroalgues vertes : Baie de Douarnenez, Fond Baie de Saint-Brieuc, Baie de Lannion et Trégor). A l'échelle de la SRM, les zones à problèmes d'eutrophisation représente donc 2,25 % de la superficie (Tableau 33). Seule moins de 1 % de la superficie n'a pas été évaluée.

Tableau 33. Surface (km²) et proportion (%) de superficie de la sous-région marine MC dans les différents états écologiques à l'issu de l'évaluation DCSMM au regard du descripteur 5.

	BEE	non BEE	non Evalué
Superficie	42 109	982	373
%	96,9	2,3	0,9

5.4.2. Confiance

Si la quasi-totalité de la superficie de la SRM MC a été évaluée vis-à-vis du descripteur 5, toutes les zones n'ont pas été évaluées avec la même "qualité". La cartographie de l'indice de confiance basé sur le nombre de critères utilisés par rapport au nombre de critères pertinents par UGE (Figure 57) montre que cet indice est particulièrement élevé en zones intermédiaire et large, mais est plus variable en zone côtière. Ceci est dû au fait que, mise à part pour la pointe ouest de la SRM, tous les critères primaires ont pu être évalué dans les zones intermédiaire et large et ceci pour la quasi-totalité des UGE (grâce à la résolution et à l'emprise spatiale élevées des produits issus de la modélisation et des images satellite), ainsi que les critères secondaires pertinents (*i.e.* turbidité). Dans ces zones, seul le critère secondaire algue toxique (D5C3) n'a pas pu être évalué, les critères D5C6 et D5C7 n'y étant pas pertinents. Pour la zone côtière, le nombre de critères évalué par MEC est beaucoup plus variable car il est fonction de la présence ou non de point de prélèvement des réseaux de surveillance dans la MEC, mais dépend aussi de certaines contraintes humaines et matérielles (impossibilité d'aller sur le terrain, matériels défectueux, *etc.*).

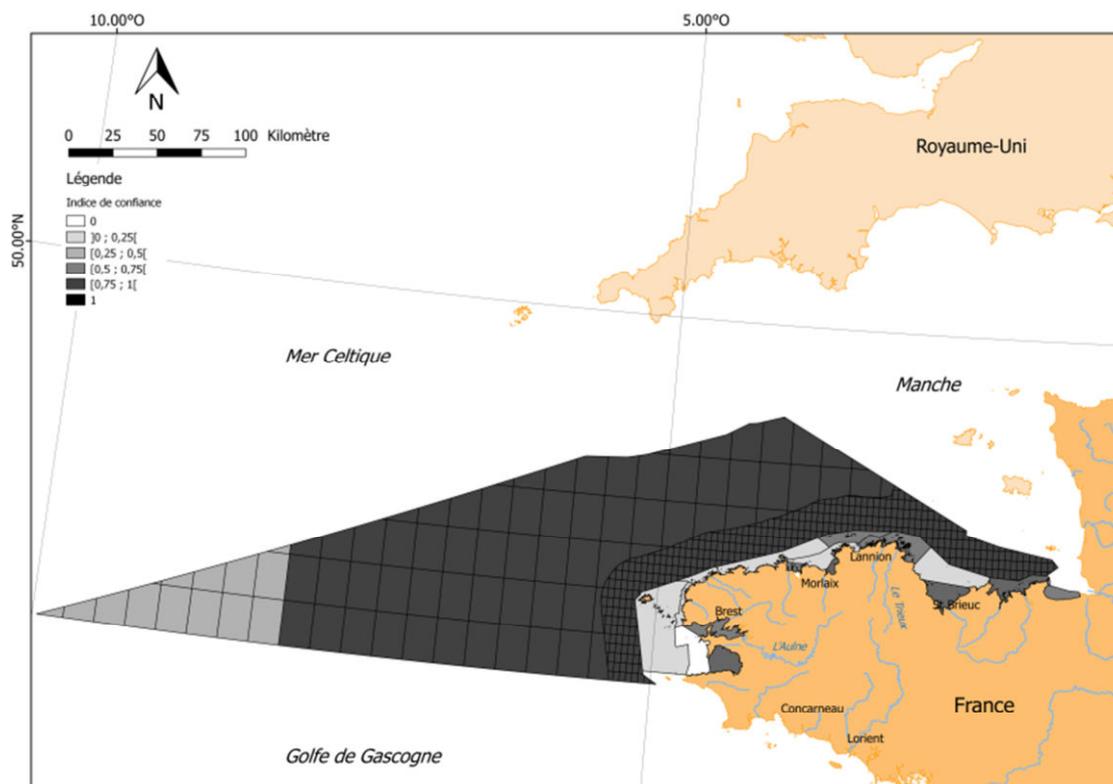


Figure 57. Cartographie de l'indice de confiance calculé, pour chaque UGE, à partir du nombre de critère utilisé pour évaluer le BEE dans la sous-région marine Mer Celtique.

5.5. Sources de pressions dans la SRM MC

5.5.1. Apports terrestres

5.5.1.1. Flux en nutriments des cours d'eau

La principale source de pression alimentant les processus d'eutrophisation en nutriments provient des cours d'eau se jetant dans la mer et drainant les nutriments en excès provenant des activités anthropiques réparties sur leur bassin hydrographique (Figure 58) tels que l'agriculture, l'industrie ou l'urbanisation.

Ces flux de nutriment peuvent ainsi être quantifiés à partir de mesures de nutriments effectuées sur l'Aulne et le Trieux, 6 à 24 fois par an par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (points roses sur la figure 58) et de mesures de débits journalières sur ces mêmes cours d'eau (points bleus sur la figure 58) effectuées par la DREAL entre 1989 et 2015 (27 années). Le calcul de flux est ensuite réalisé par le SOeS *via* l'utilisation du logiciel de calcul de flux OSPAR (dans le cadre du RID⁶², Riverine Input Discharges) RTrend©. Les flux des zones d'apport diffus et des cours d'eau non monitoré sont estimés à partir d'une zone monitorée présentant des caractéristiques d'occupation du sol comparable.

Les données rapportées chaque année dans le cadre de l'étude RID, sont évaluées et publiées par OSPAR dans des rapports annuels sur les données RID.

Globalement, les flux cumulés en nitrate fluctuent d'une année à l'autre (Figure 59A) entre 10 kT pour l'année 1989 et 57 kT pour l'année 1994, les apports de l'Aulne variant entre 50 % et 60 % des apports totaux (Figure 59B).

Les flux en nitrates cumulés ne montrent toutefois pas de tendance significative sur la période observée (1989-2015) pour l'ensemble de la SRM (Tableau 34). Seuls les flux en ammonium de l'Aulne montrent une diminution significative (Tableau 34).

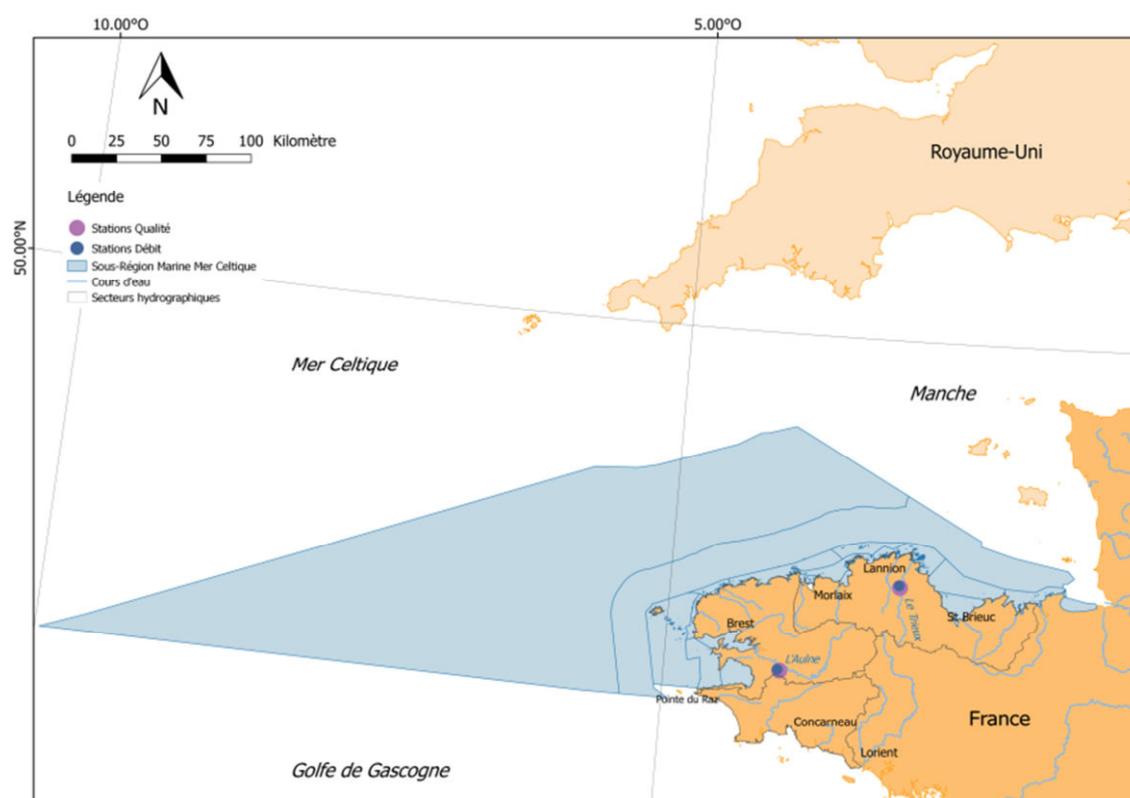


Figure 58. Carte des points de mesures de débit (points bleus) et de concentration en nutriments (points roses) des principaux fleuves (nommés sur la carte) se déversant dans la SRM MC. Les secteurs hydrographiques drainés par ces cours d'eau sont délimités en gris. Sources : Ifremer, SOeS, DREAL, Agences de l'Eau.

Les flux en orthophosphates montrent une diminution significative globale avec une tendance de -2,2 % par an représentant environ -0,004 kT/an (Figure 60A et Tableau 34). Cette tendance à la baisse se retrouve au niveau du Trieux mais pas de l'Aulne dans lequel les phosphates totaux montrent une diminution significative. Pour l'ensemble de la SRM MC, les flux étaient couramment supérieurs à 0,2 kT/an jusqu'au début des années 2000, ils ont ensuite diminué au cours des années 2000 pour rester aux environs de 0,1 kT/an depuis 2005. Mis à part pour la période 2008-2012, les flux au niveau de la zone du Trieux représentent la plus grande part (60 % à 80 %) des flux calculés dans la SRM (Figure 60B) dans laquelle seuls 2 fleuves côtiers font l'objet d'un suivi des flux dans le cadre du RID OSPAR.

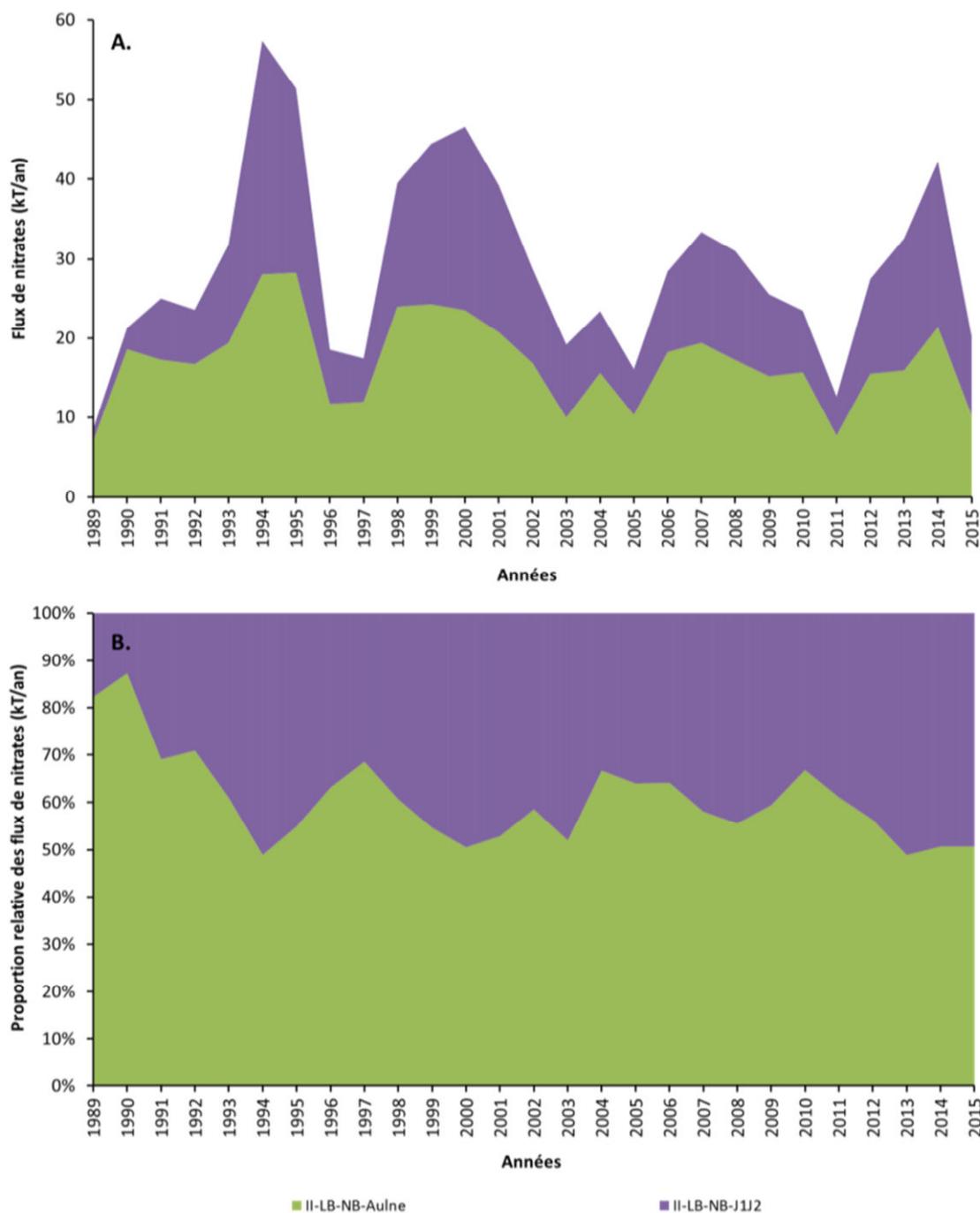


Figure 59. A. Évolution pluri-annuelle des flux en nitrate (kT/an) et B. Évolution temporelle de la proportion relative (%) des flux en nitrate, calculées par le SOeS (suivant le protocole OSPAR RID) pour les 2 cours d'eau suivi dans le cadre du RID OSPAR se déversant dans la SRM MC entre 1989 et 2015. La correspondance entre l'ID de certains cours d'eau et leur nom commun est indiquée tableau 34.

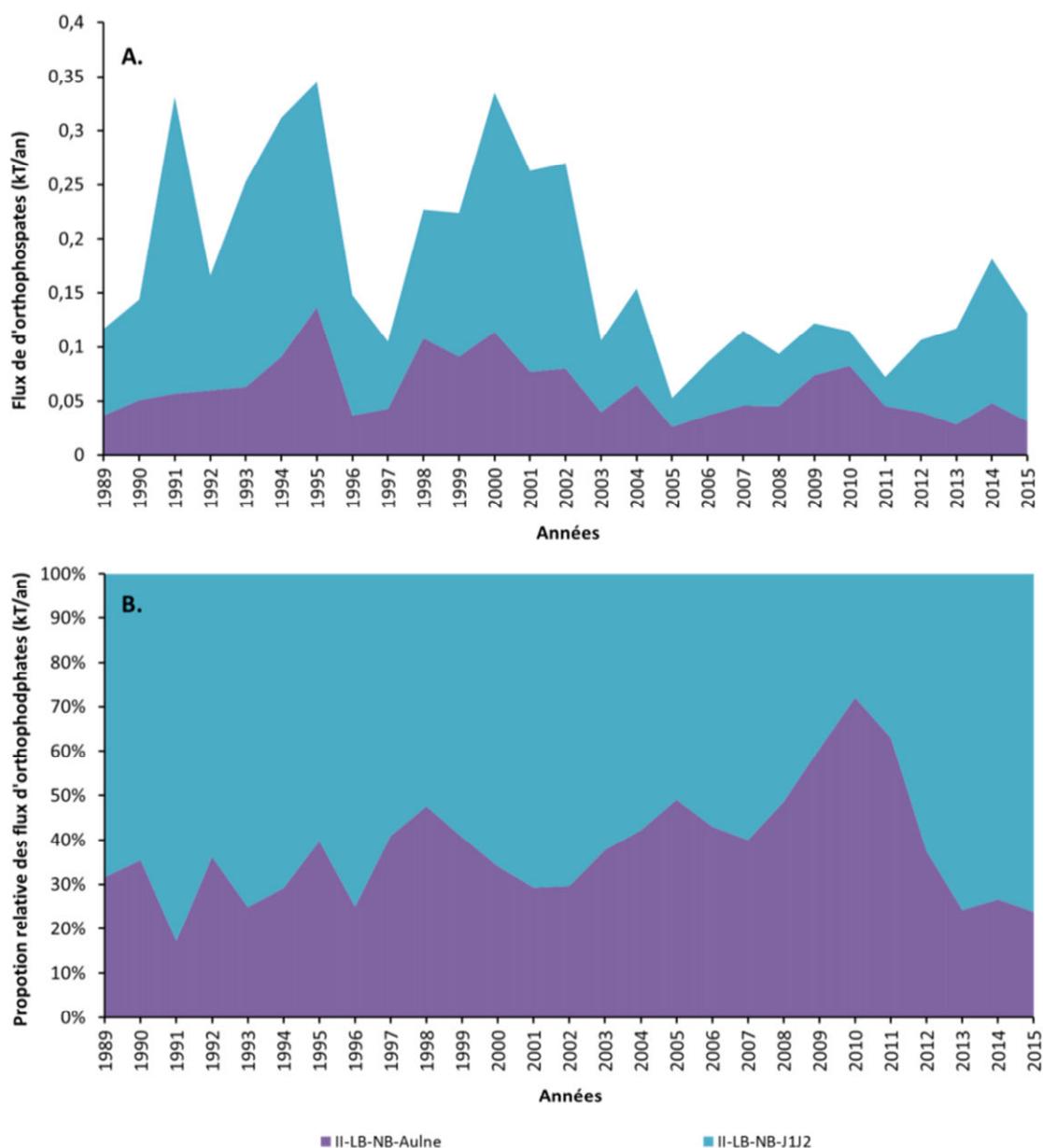


Figure 60. A. Évolution pluri-annuelle des flux en phosphate (kT/an) et B. Évolution temporelle de la proportion relative (%) des flux en phosphate, calculées par le SOeS (suivant le protocole OSPAR RID) pour les 2 cours d'eau suivi dans le cadre du RID OSPAR se déversant dans la SRM MC entre 1989 et 2015. La correspondance entre l'ID de certains cours d'eau et leur nom commun est indiquée tableau 34.

Tableau 34. Tendances temporelle (test de MannKendall Saisonnier) des flux en nutriment sur 27 années de mesure (1989 à 2015) pour les cours d'eau se déversant dans la SRM MC et inclus dans la stratégie RID OSPAR; superficie des secteurs hydrographiques et caractéristiques des apports relatifs à ces cours d'eau (tributaire: cours d'eau secondaire). Les flèches vertes indiquent une tendance significative (p. value <0,05) à la baisse et les flèches bleues indiquent l'absence de tendance significative. La superficie en gras représente la somme des superficies de tous les secteurs hydrographiques, les valeurs de tendance en gras ont été calculées sur la somme des flux de tous les cours d'eau par année. Les données entre parenthèses représentent le pourcentage de variation annuelle du nutriment calculé pour la période 1989 à 2015 en % de kT/an. Les valeurs en dehors des parenthèses représentent les variations en kT/an. Les estimations de flux sont effectuées par le SOeS suivant le protocole OSPAR RID.

ID du cours d'eau	Nom du cours d'eau	Bassin Versant	Superficie du secteur hydro. (km ²)	Caractéristique des apports	Tendances					
					Total N	NO3-N	NH4-N	Total P	PO4-P	
II-LB-NB-J1J2	Le Trieux	Loire-Bretagne	4961	tributaire	→	→	→	→	→	↘ -0,004 (-3,2)
II-LB-NB-Aulne	L'Aulne	Loire-Bretagne	4312	tributaire	→	→	↘ -0,005 (-3,5)	↘ -0,011 (-3,6)	→	→
Total			9273		→	→	→	↘ -0,015 (-2,7)	↘ -0,004 (-2,2)	

5.5.1.2. Apports diffus : zones vulnérables

Dans le cadre de la protection des eaux souterraines et de surface contre les pollutions provoquées par les nitrates d'origine agricole (apports diffus), la 5^{ème} révision de la délimitation des zones vulnérables aux nitrates (eaux excédant ou pouvant excéder 50 mg.l⁻¹ à 0 de salinité = norme de l'OMS, ce qui représente un seuil sanitaire pour l'homme et non pour l'environnement) est fondée sur les résultats des mesures effectuées dans les eaux souterraines et les eaux de surface. Les préfets coordonnateurs de bassin ont arrêté en 2012 les zones vulnérables pour la période 2013 à 2016 (Figure 61). La totalité des zones de drainages se déversant dans la SRM MC sont classées zones vulnérables aux nitrates. Il est ainsi surprenant de ne pas voir plus de MEC dégradés au regard du critère D5C1, toutefois le seuil de classement en zones vulnérable n'est pas un seuil écologique ce qui crée un décalage entre la classification des zones terrestres en zones vulnérables aux nitrates et la classification des MEC par le D5C1 dans la cadre de la DCSMM. Cette directives pourraient toutefois agir comme un levier potentiel pour agir sur la diminution des flux de nutriments vers la côte.

Note : La Directive "Nitrates" (91/676/CEE) a pour objectif de préserver la ressource en eau et les milieux aquatiques de la pollution par les nitrates d'origine agricole. Elle prévoit une surveillance tous les 4 ans des eaux superficielles et souterraines. Les résultats de cette campagne de surveillance déterminent une analyse et une révision éventuelle de la délimitation des zones vulnérables à la pollution par les nitrates d'origine agricole. Dans ces zones, des programmes d'action spécifiques sont mis en place pour réduire les apports de nitrates dans les eaux. Les 5^{èmes} programmes d'action seront élaborés au cours de l'année 2013.

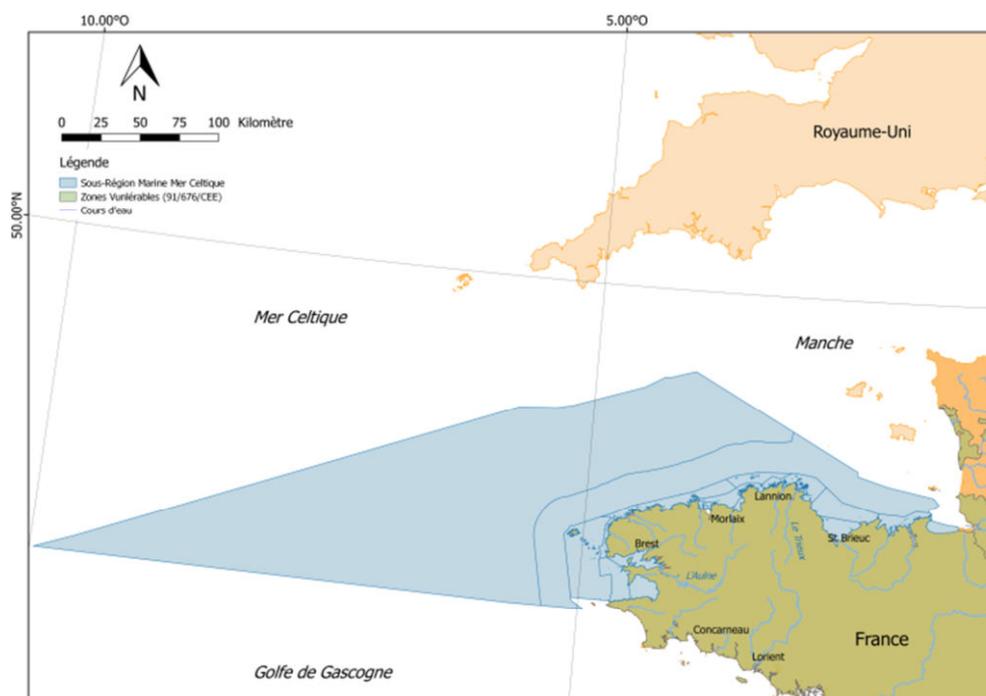


Figure 61. Localisation des zones vulnérables aux nitrates (en vert) dans les bassins versant se rejetant dans la SRM MC telles que définit par la directive "Nitrates" (91/676/CEE). Sources : Ifremer, Sandre.

5.5.1.3. Apports ponctuels : zones sensibles

L'article R211-94 du code de l'environnement, transposant dans le droit français l'article 5 et l'annexe II de la directive Eaux Résiduelles Urbaines (91/271/EEC UWWT) définit les zones sensibles comme les masses d'eau particulièrement sensibles aux pollutions, notamment celles dont il est établi qu'elles sont eutrophes ou pourraient devenir eutrophes à brève échéance si des mesures ne sont pas prises, et dans lesquelles les rejets de phosphore, d'azote ou de ces deux substances doivent, s'ils sont cause de ce déséquilibre, être réduits.

En 2015, la France compte dans sa base de données 20 783 agglomérations d'assainissement comprenant 21 079 stations de traitement des eaux usées (STEU) qui représentaient une charge globale de 78 millions d'Equivalents-habitants (Eh) pour une capacité épuratoire de l'ensemble des STEU de 104 millions d'Eh. Les agglomérations de 2 000 Eh et plus étaient au nombre de 3 661 pour 3 795 stations de traitement des eaux usées, en effet certaines agglomérations sont composites et comportent plusieurs stations. Elles représentent une charge polluante de 73 millions d'Eh.

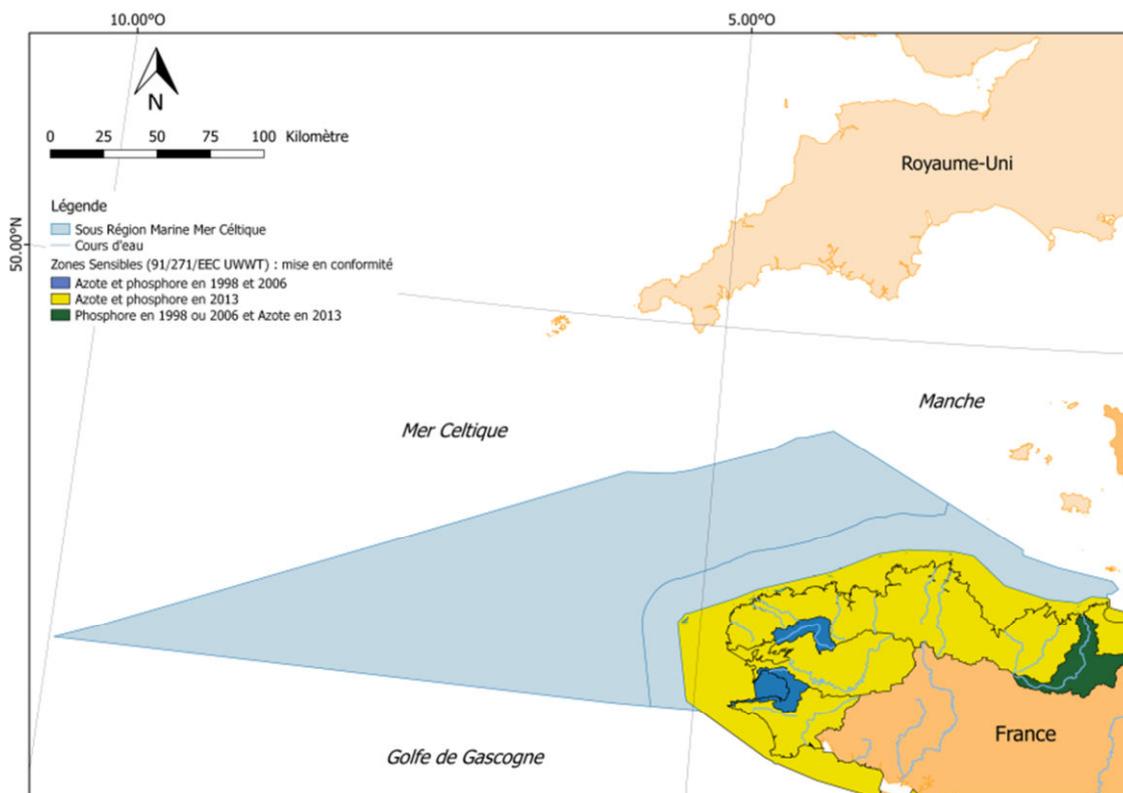


Figure 62. Localisation des zones sensibles à l'eutrophisation selon la directive sur le traitement des eaux urbaines résiduaires (91/271/EEC). Les différentes échéances pour la mise en conformité des stations d'épuration se trouvant dans les régions hydrographique de la SRM MC sont également renseignées. Source : Ifremer, Sandre.

Au regard de cette directive toutes les zones de la façade MC, MEC de la DCE y compris ont été qualifiées de sensible aux nitrates et phosphates (Ar. du 22/02/2006) et ont requis un traitement vis-à-vis de leur rejet (Figure 62). Les dernières mises en conformité dans le cadre de la directive (baisse de 70-80 % la concentration en azote total Kjeldahl entre l'entrée et la sortie pour obtenir au moins 10-15 mg.l⁻¹, baisse de 80 % la concentration en phosphore total entre l'entrée et la sortie pour obtenir au moins 1-2 mg.l⁻¹ inscrit dans la directive 98/15/CE) devaient être effectuées en 2013 (Figure 62). Quelques STEU restaient toutefois encore non conformes en 2015.

Note : Il existe trois types de traitement requis par la directive:

- Le traitement "primaire" qui permet de traiter le carbone et les matières en suspension selon un procédé physique et/ou chimique ;
- Le traitement "secondaire" ou "approprié" qui permet de traiter le carbone et les matières en suspension de manière plus poussée, selon un procédé comprenant généralement un traitement biologique. Il est obligatoire pour les agglomérations d'assainissement de plus de 2000 Eh ;
- Le traitement dit "plus rigoureux" dont l'objectif est de traiter l'azote ou le phosphore. Il est obligatoire pour les agglomérations d'assainissement de plus de 10 000 Eh qui rejettent des eaux usées en zone sensible à l'eutrophisation.

5.5.2. Apports atmosphériques

L'évaluation DCSMM de 2012 ayant démontré que les apports atmosphériques en phosphates sont négligeables par rapports aux apports d'autres sources, à part pendant la période estivale et lors d'épisodes de fortes précipitations, seuls les apports atmosphériques en azote seront traités.

Même s'ils représentent une source d'apport plus faible en nutriments que les cours d'eaux et les apports diffus, les apports atmosphériques ont été estimées pouvant représenter jusqu'à 20 % des apports totaux en azote en mer sur des données calculé entre 1995 et 2008 (Devreker et Lefebvre, 2016⁵²).

Les données de retombées atmosphériques en azote sont calculées à partir des données d'émissions couplées avec un modèle de transport chimique atmosphérique. Les données d'émission sont issues du programme EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme), Programme coopératif de surveillance continue et d'évaluation de la transmission des polluants atmosphériques à longue distance en Europe, mis en place suite à la convention sur la pollution atmosphérique en 1979. De plus amples informations sur le fonctionnement du programme EMEP peuvent être trouvées sur la page web du programme : http://emep.int/emep_overview.html.

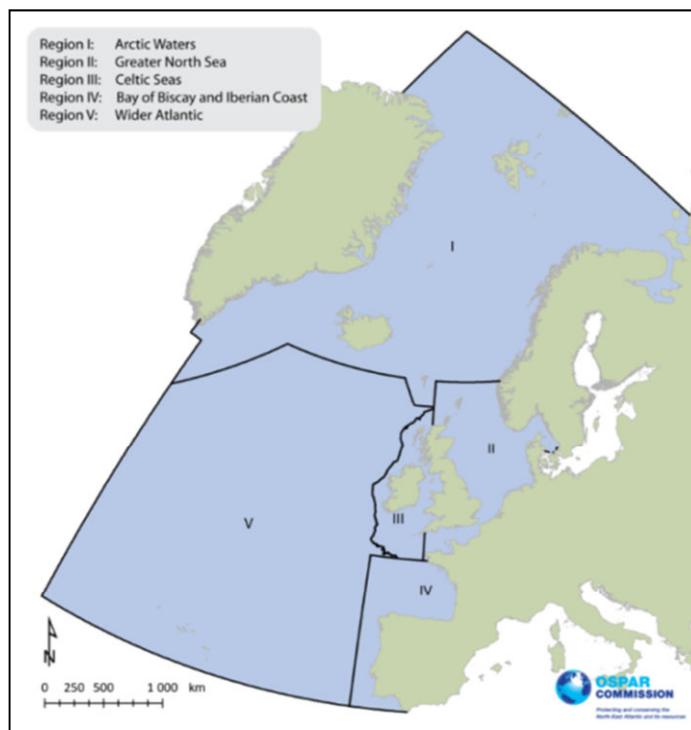


Figure 63. Carte des régions OSPAR (repris du rapport EMEP⁶⁴).

Plus récemment (les mesures s'étendant jusque 2014) le rapport du programme EMEP⁶⁴ a montré une stabilisation des apports annuels atmosphériques en azote dans les régions II et III d'OSPAR (la SRM DCSMM MC étant composée d'une partie de la région II Manche-Mer du Nord et d'une partie de la région III Mer celtique d'OSPAR, figure 63), autour de 450-550 kT / an et 125 kT / an depuis 2007 et 2004 respectivement, après une diminution pendant le début des années 2000 (Figure 64A et C). Les sources d'émission d'azote atmosphérique peuvent être déterminées par la nature de la forme azotée, les formes d'azote réduit (NH_3) étant prépondérantes en agriculture et les formes d'azote oxydé (NO_x) étant issues de la combustion par les transports et l'activité industrielle. Ainsi, si elle était de 60 % dans les années 1990 et 2000, la part de l'azote oxydé en régions II et III a été réduite à près de 50 % dans les années 2010 (Figure 64B et D). Il est à noter que la contribution de la France aux apports azotés dans les régions II et III OSPAR est en 3^{ème} position avec 14 % des dépôts totaux annuels en azote pour la période 2005-2014 pour ces 2 régions.

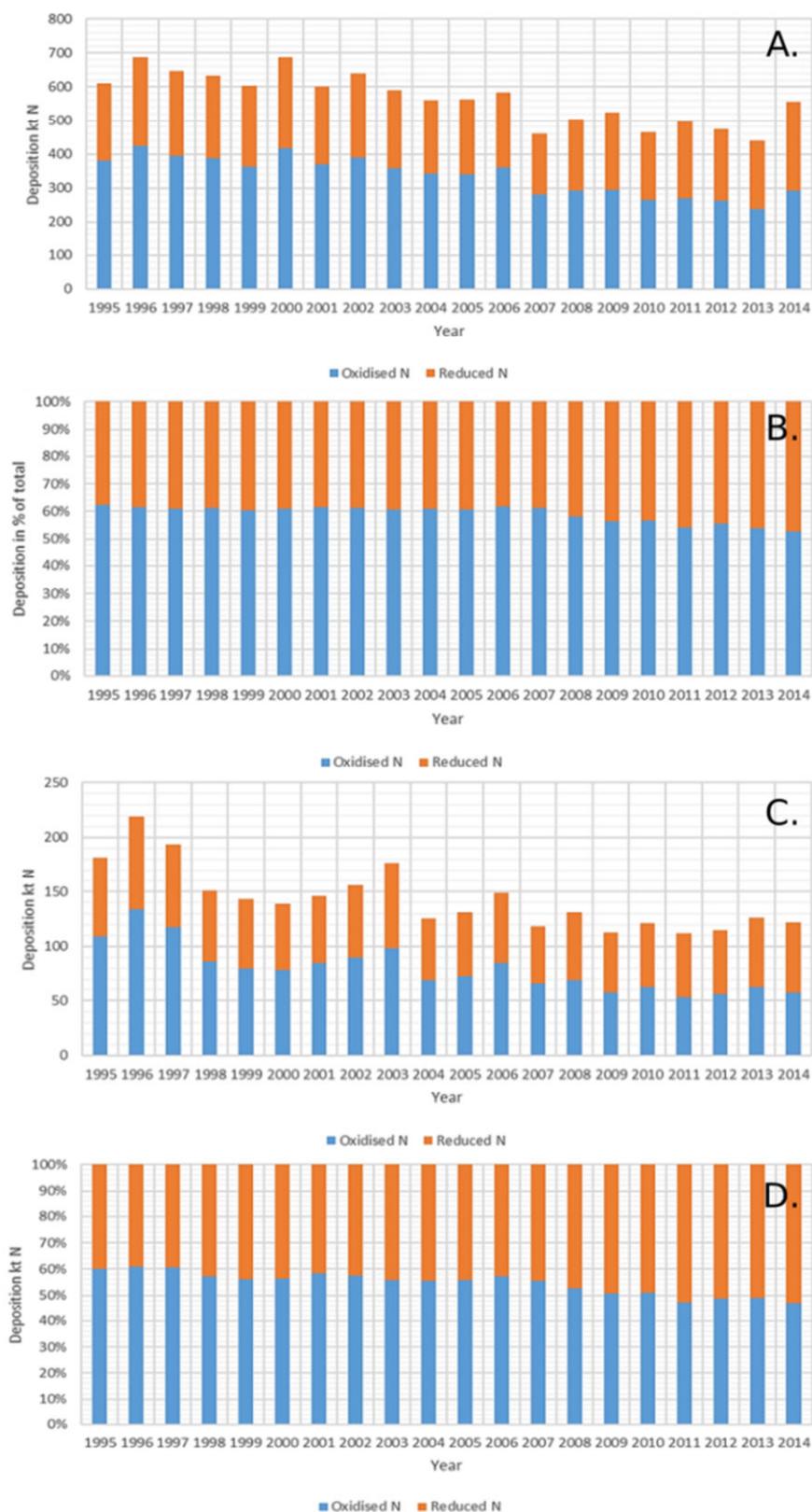


Figure 64. Evolution pluri-annuelle des dépôts en kt N/an d'azote oxydé et réduit en région OSPAR II (A.) et III (C.). Evolution temporelle du pourcentage d'azote oxydé et d'azote réduit dans les dépôts d'azote en région OSPAR II (B.) et III (D.). Repris du rapport EMEP⁶⁴.

Si l'origine des NH_3 émis par la France est à 99 % d'origine agricole (Figure 39A) avec un flux d'émission constant depuis les années 80 à ~700-800 kt/an, le NO_2 émis par la France possède lui des origines bien différenciées; plus de 50 % provenant des transports routiers, ~25 % de la combustion industrielle et ~15 % des transports par navigation, la quantité globale de NO_2 émis étant en nette diminution depuis le début des années 80 (Figure 65B).

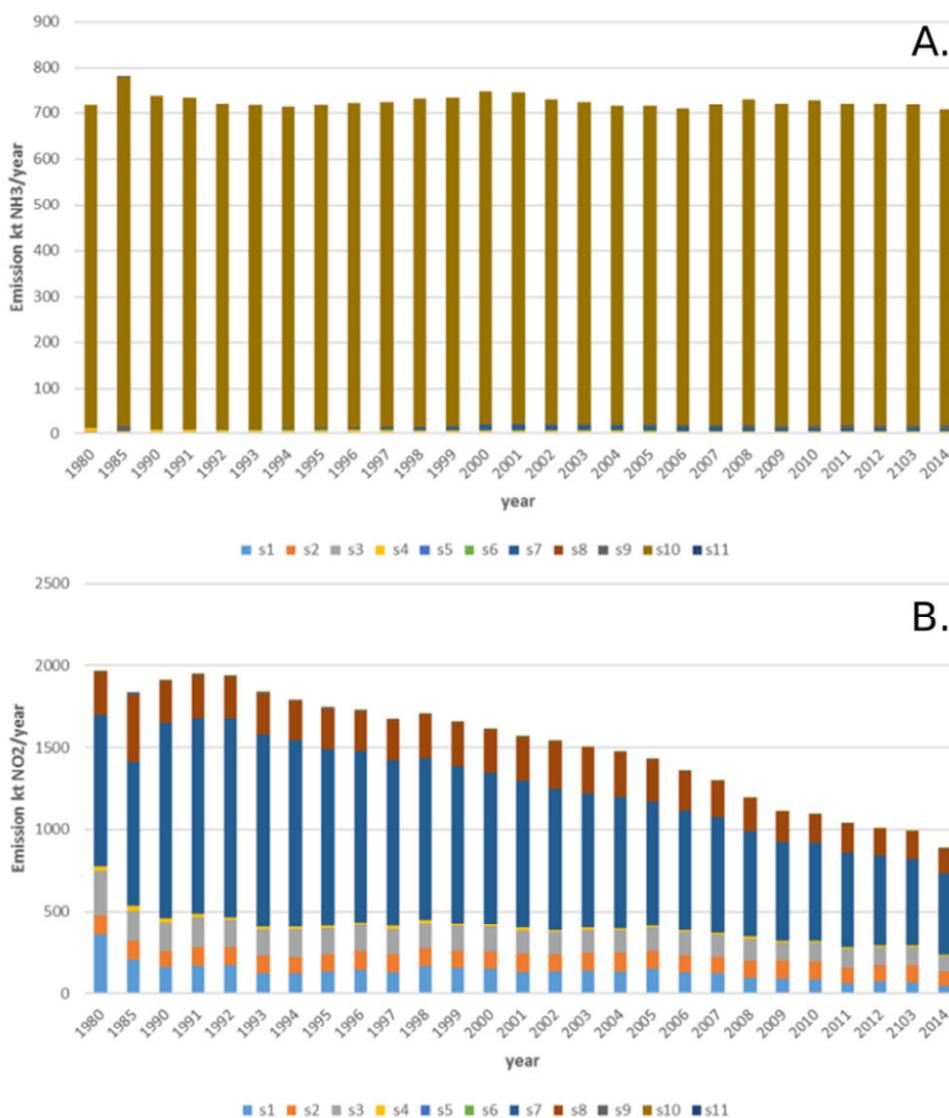


Figure 65. A. Origine des émissions d'azote réduit et B. Origine des émissions d'azote oxydé dans l'atmosphère par secteur d'activité en France. Secteur 1 : Combustion dans l'industrie de l'énergie et de la transformation ; Secteur 2 : Centrale de combustion non-industrielles; Secteur 3 : Combustion dans l'industrie de manufacture ; Secteur 4 : Processus de production; Secteur 5: Extraction et distribution d'énergies fossiles et géothermiques; Secteur 6 : Utilisation de solvant et d'autres produits chimiques; Secteur 7 : Transport routier; Secteur 8 : Autres sources de transport (incluant le trafic maritime); Secteur 9 : Traitement des déchets; Secteur 10 : Agriculture; Secteur 11: Autres sources.

5.5.3. Transports transfrontaliers hydrodynamique

Les nutriments en provenance des bassins-versants gagnent les eaux côtières et sont transportés sur de longues distances au gré de la circulation marine. Les efforts de gestion menés sur les rivières doivent être entrepris en fonction de leur impact sur la production locale. Cette problématique est délicate en cas d'apports en provenance de plusieurs sources. Connaître l'origine de l'azote intégré dans la biomasse planctonique présente l'intérêt de pouvoir déterminer quels sont les rejets fluviaux sur lesquels doivent être portés les efforts de réduction de flux.

Il n'y a malheureusement pas d'évaluation de la participation de ce phénomène de transport transfrontalier au processus d'eutrophisation observé pour la SRM MC pour la période 2010-2016. Toutefois des travaux antérieurs ont été menés sur de tels phénomènes (projet EMOSEM²² sur la période 2000-2010 et OSPAR 2009⁶⁵) permettant d'estimer qualitativement les impacts de ce phénomène.

Les résultats du projet EMOSEM concernant la façade française Atlantique-Manche Mer du Nord montre que l'ensemble des cours d'eau de la SRM MC fournissent de 20 à 50 % des besoins en nutriments du phytoplancton de la moitié sud de la Manche Occidentale (Figure 66). L'hydrodynamisme dû aux courants résiduels de la Manche fait que l'azote ne s'exporte pas vers le plateau (partie ouest de la SRM), où les apports seront plutôt d'origine atmosphérique et surtout océanique à plus de 75 % (Figure 67). Une partie de l'azote dans la zone large de la SRM MC provient également des apports de la Loire. Les nutriments provenant des cours d'eau se trouvant en Normandie et dans le nord de la France ne sont pas exportés vers la SRM MC.

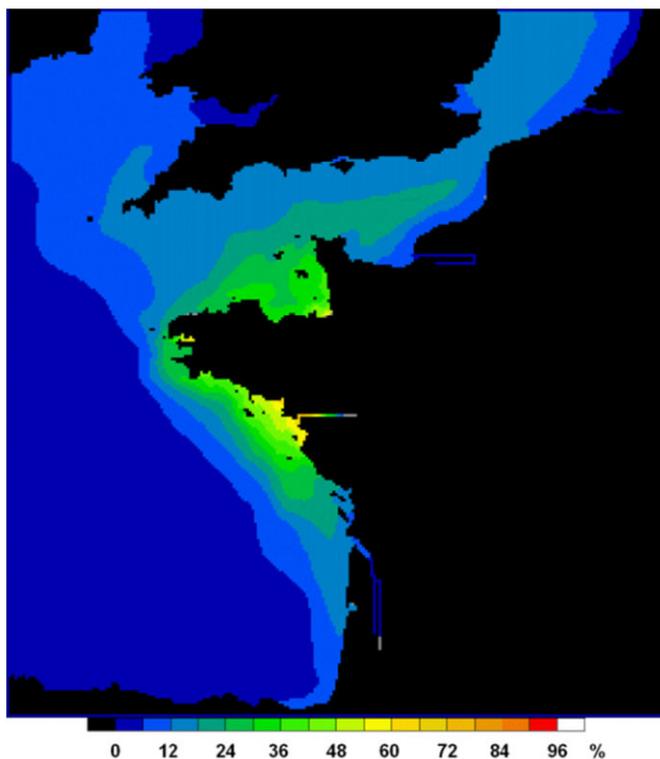


Figure 66. Contribution relative (%) des rivières de la façade MC à la composition en azote du phytoplancton marin de surface. Moyenne sur la période 2000-2010. Extrait du rapport EMoSEM²².

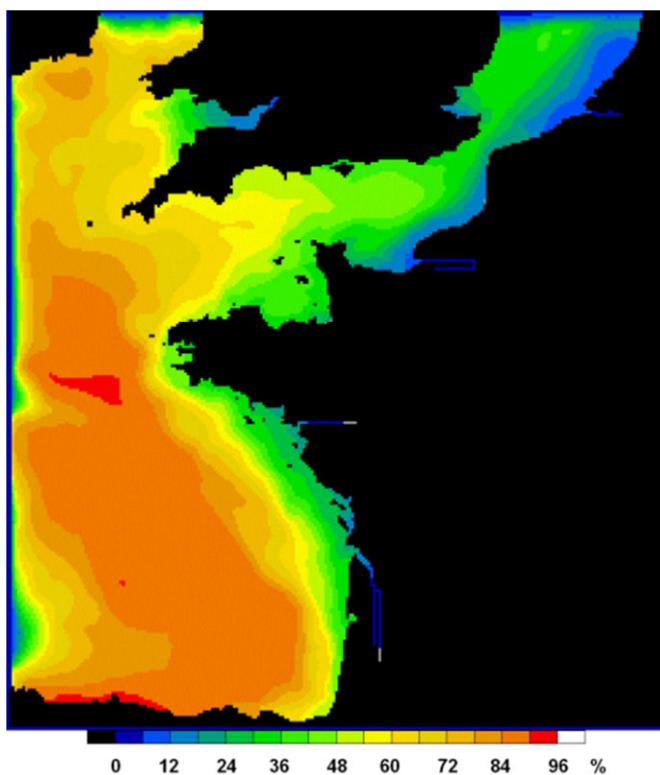


Figure 67. Contribution relative (%) du DIN océanique à la composition en azote du phytoplancton marin de surface, moyenne sur la période de croissance de 2000 à 2010. Extrait du rapport EMoSEM²².

5.6. Discussion sur les résultats de la SRM MC

5.6.1. Bilan des résultats de l'évaluation initiale 2018 et comparaison avec l'évaluation initiale 2012.

Pour répondre aux besoins d'évaluation de l'état d'eutrophisation dans le cadre de la DCSSM, un protocole a été mis en place à l'échelle nationale, depuis la collecte de données issues de réseau de surveillance terrain ou de produits issus des images satellites ou de la modélisation jusqu'à la mise au point de méthodologie d'agrégation et d'intégration pour synthétiser la masse d'information disponible et finalement évaluer l'atteinte du BEE pour les masses d'eau à l'échelle nationale pour les différentes SRM.

Les résultats obtenus à l'issue de l'application de cette méthodologie complexe montre qu'à l'échelle de la Mer Celtique, l'eutrophisation pose problème au niveau de quelques masses d'eau côtières. A la lecture des résultats par critère, il apparaît que ce problème d'eutrophisation est le fruit des échouages d'algues opportunistes du genre *Ulva*. Il n'y a toutefois pas de relation entre ces proliférations en macroalgues et les concentrations en nutriments, le critère D5C1 ne semblant pas être déclassant pour les MEC où ces algues prolifèrent.

La proximité de zones classées sensibles à l'azote selon la directive nitrates (91/676/CEE) pourrait expliquer la présence d'apports importants en nitrates (donc dû en partie à l'agriculture), même si on pourrait s'attendre à des diminutions de fait de la mise en place de mesures dans le cadre de cette directive (qui est plutôt à but sanitaire et non écologique). Les apports liés aux rejets urbains, même s'ils sont difficilement quantifiables, semblent un peu plus maîtrisés du fait de la mise en conformité des stations d'épuration en fonction de la taille des zones urbaines. Finalement, il semblerait que le lien entre apports en nutriments (particulièrement en nitrates) et développement des algues opportunistes ne soit pas directement visible au travers de l'évaluation DCSSM.

En comparaison avec la précédente évaluation initiale de 2012⁶⁸(début du premier cycle du PAMM), qui faisait un état des lieux et une analyse de la qualité écologique par paramètre des eaux françaises, peu de changements sont à noter (mise à part l'étendue géographique de la SRM MC qui a fortement augmenté pour englober également la Manche Occidentale au détriment de la SRM MMN). Les zones d'échouage de macrophytes opportunistes sont approximativement les mêmes que celles qui avaient conduit la première évaluation à classer 5 zones côtières de la SRM MC comme « zone à enjeux » vis-à-vis de l'eutrophisation (Figure 68) :

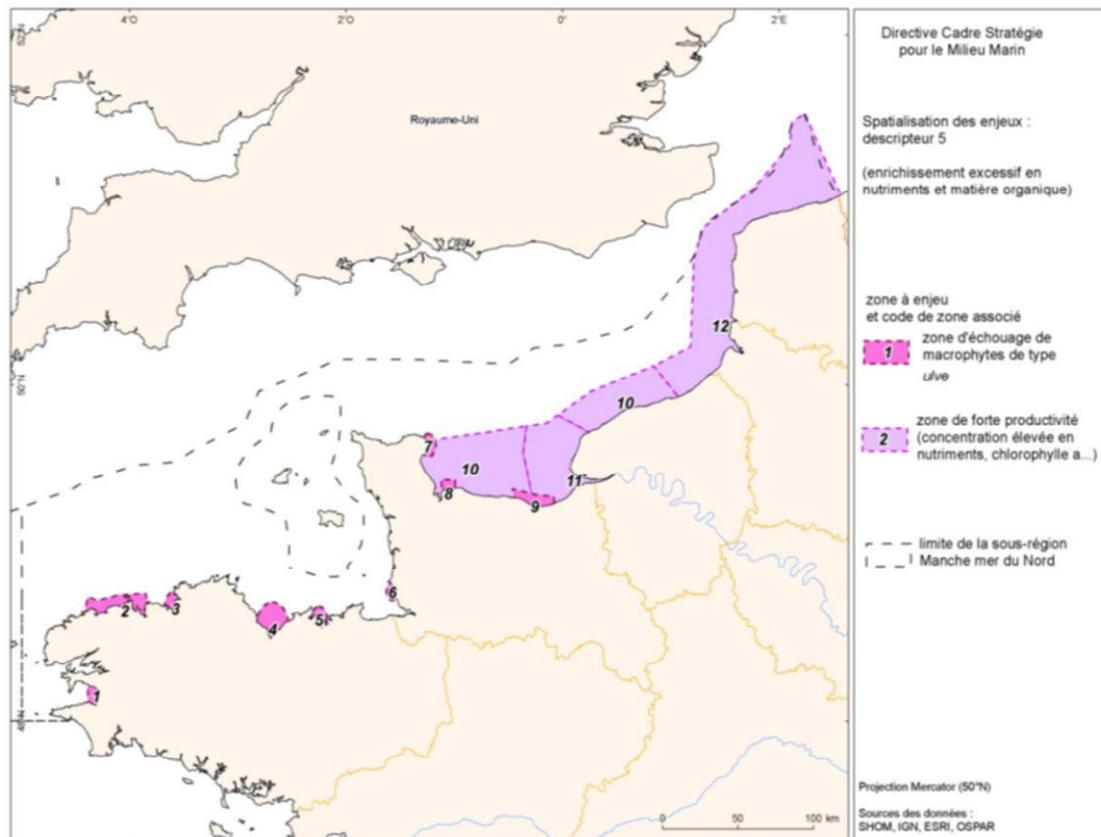


Figure 68. Zones à enjeux pour l'eutrophisation en Manche-Mer du Nord et Mer Celtique. Extrait du rapport de l'atelier de synthèse de l'évaluation initiale 2012.

- Zone 1 à 5 : Baie de Douarnenez (1), Côte du Léon (2), Lannion (3), Baie de Saint Brieuc (4), Baie de Fresnaye (5) qui sont des zones d'importance primaire vis-à-vis des échouages d'algues opportunistes.

Ainsi cette évaluation initiale de 2012 n'avait classé qu'une petite partie de la SRM MC comme « zone à enjeux » (Figure 68). Seule la zone 5 ne semble plus déclassée par les échouages. Selon le protocole de classification mis en place dans la présente évaluation, cela représente 2,25 % de la SRM MC qui ont été classés comme n'ayant pas atteint le BEE vis-à-vis du descripteur 5.

Aucun problème d'oxygène et de turbidité n'a été détecté dans les 2 évaluations.

5.6.2. Justifications de non-utilisation d'un critère

Les critères non utilisés lors de l'évaluation du descripteur 5 en SRM MC sont le D5C3 "Algues toxiques", le D5C1 "Phosphate inorganique dissous" à la côte, et le D5C8 "Macrofaune benthique".

Pour le D5C3 (critère secondaire) et le D5C1 (critère primaire) il n'a pas été possible de les utiliser à cause du manque de consensus sur la définition de seuils pertinents. Ceci devrait évoluer pour les prochains cycles de la DCSMM par la mise en place de groupes de travail dédiés, entre autre, à la définition de seuil pour les critères n'en disposant pas.

Pour le D5C8 (critère secondaire), l'indicateur AMBI utilisé dans le cadre de la DCE a été qualifié d'insatisfaisant pour répondre au besoin de la DCSMM. Il n'a donc pas été utilisé dans cette évaluation.

La non-utilisation des critères D5C6 et D5C7 en zones intermédiaire et large est dû à leur non pertinence. Les proliférations d'algues opportunistes ne s'expriment qu'au niveau côtier des eaux françaises à travers les phénomènes d'échouages. Les herbiers et macroalgues pérennes ne se développent pas sous une certaine profondeur (besoin de lumière), la profondeur étant généralement proportionnelle à l'éloignement de la côte la plupart de ces herbiers et population de macroalgues sont majoritairement situés en zone côtière.

5.6.3. Justification de non-utilisation des évaluations des indicateurs des Conventions des Mers Régionales

En ce qui concerne la SRM MC une évaluation de l'état d'eutrophisation des masses d'eau a été réalisée en 2016 dans le cadre de la 3^{ème} application de la procédure Commune OSPAR (COMP3). Cette évaluation était basée sur les seules données disponibles à l'époque, les données côtières (équivalent de l'approche DCE dans la DCSMM). Cette approche a permis d'évaluer moins de 10 % de la SRM MC. De plus certains indicateurs utilisés ne répondaient pas exactement aux besoins de la DCSMM tel que l'indicateur phycotoxine dont l'évaluation était basé sur des seuils de risques sanitaires pour l'Homme alors que l'évaluation de l'état d'eutrophisation dans le cadre de la DCSMM (et même OSPAR) se base plutôt sur des risques environnementaux plutôt que sanitaires.

On peut donc parler d'une amélioration depuis la COMP3 OSPAR puisque l'emprise de l'évaluation est passé de 10 % à près de 100 % (grâce à l'utilisation des produits dérivés des images satellite et de la modélisation) en prenant en compte un nombre de paramètres plus important avec l'ajout des concentrations en phosphate au large et des herbiers et macroalgues pérennes à la côte et la prise en compte de la turbidité (en NTU et non en mètre).

La convention OSPAR publie également une évaluation intermédiaire à l'échelle des régions OSPAR (Figure 63) pour être en phase avec les évaluations produites dans le cadre de la DCSMM. Pour cela cette évaluation intermédiaire ne prend en compte que les paramètres environnementaux OSPAR correspondant aux critères primaires de la DCSMM, pour le descripteur 5 il s'agit donc des nutriments, de la chlorophylle-*a* et de l'oxygène au fond de la colonne d'eau. La DCSMM recommande l'utilisation de tels travaux effectués dans le cadre des conventions régionales. Toutefois dans le cas de l'évaluation intermédiaire de 2017, les données *in situ* de concentrations en nutriments et en chlorophylle-*a* correspondant aux SRM françaises n'ont pas été prises en compte (l'évaluation intermédiaire de ces paramètres fait un focus sur la Mer du Nord). Seules les images satellite ont été utilisées pour rendre compte de la variabilité de la concentration en chlorophylle-*a* dans les eaux marines françaises, ce qui est déjà le cas, dans la présente évaluation. De plus les échelles de rapportage et les UGE utilisées dans

le cadre de ces évaluations (régions OSPAR) ne correspondent pas à celles définies dans le cadre de la DCSMM (SRM).

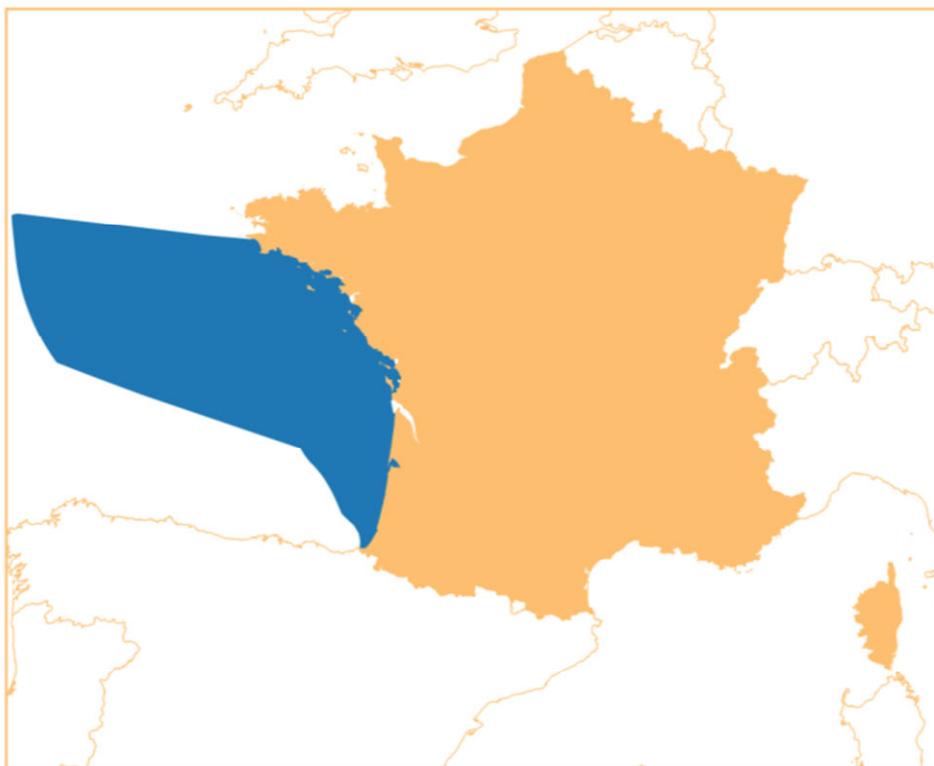
5.7. Conclusion sur les résultats de la SRM MC

Les efforts entrepris pour répondre la plus étroitement possible aux besoins de la DCSMM en termes d'évaluation de l'état d'eutrophisation des eaux françaises ont conduit à une très nette amélioration de la qualité de l'évaluation (en termes d'emprise spatiale et de nombre de critères utilisés) comparativement à l'évaluation précédente et même par rapport à la COMP3 d'OSPAR réalisée seulement 2 ans plus tôt. Cela nous a conduit à définir des zones précises où l'eutrophisation pose un problème et où les efforts, en termes de mesure à mettre en place, pourront se concentrer. Ces zones, très côtières, ne représentent toutefois que 2,25 % de la superficie de la SRM MC. Des améliorations restent à apporter, notamment sur la définition des seuils, autant à la côte qu'au large, sur l'harmonisation des évaluations côte-large. Il faudra également assurer à la pérennisation de certains outils numériques (traitement des images satellite et modélisation) à long terme sous peine de voir le fruit de tous ces efforts disparaître lors des prochains cycles DCSMM.

Messages forts :

- Fruit de collaborations aussi bien à l'échelle locale qu'à l'échelle européenne (OSPAR)
- 2,25 % de la superficie de la SRM MC en Non BEE pour le descripteur 5
- 99 % de la superficie de la SRM MC évaluée
- Nette amélioration de la qualité de l'évaluation DCSMM depuis le 1^{er} Cycle et la COMP3 OSPAR
- Encore des progrès à faire sur la définition des seuils
- Besoin impératif de pérenniser et d'améliorer les systèmes d'acquisition de données comme les produits dérivés des images satellite et la modélisation.

6. Évaluation du descripteur 5 pour la SRM GdG



6.1. Éléments considérés pour l'évaluation du descripteur 5 dans la SRM GdG

Les éléments qui ont été utilisés pour effectuer l'évaluation du descripteur 5 sont ceux pour lesquels des données ont été identifiées et pour lesquels un seuil a pu être calculé. Pour la SRM Golfe de Gascogne, ces éléments ont été listés dans le chapitre 3.3.9 et le tableau 19 ; ce sont :

- la concentration en NID (azote inorganique dissous) pour la côte et en nitrates pour le large,
- la concentration en PID (phosphate inorganique dissous) pour le large,
- la concentration en chlorophylle-*a*,
- la transparence de l'eau (en NTU),
- la concentration en oxygène dissous au fond,
- les échouages de macroalgues opportunistes (non pertinent au large),
- les herbiers et macroalgues pérennes (non pertinent au large).

Tous les critères primaires sont ainsi évalués dans l'ensemble de la SRM GdG.

Le critère secondaire "macrofaune benthique" ne sera pas renseigné ici en raison de la faible pertinence de son indicateur (voir chapitre 3.3.8).

Le critère secondaire "algues nuisibles" ne sera pas non plus présenté du fait d'un manque de consensus sur l'établissement de seuils adaptés à chaque groupe d'espèce nuisible (voir chapitre 3.3.3).

6.2. Données utilisées pour l'évaluation du descripteur 5 dans la SRM GdG

6.2.1. Réseaux côtiers

Les données NID (nitrate + nitrite + ammonium : D5C1), chlorophylle-*a* (D5C2), turbidité (D5C4) et oxygène (D5C5) utilisées pour l'évaluation à la côte (< 1 mn) sont mesurées par le biais du réseau national REPHY (Figure 69), comprenant le réseau régional ARCHYD, aux périodes et fréquences présentées dans le tableau 17. Certains points du réseau REPHY sont en voie de labellisation dans le cadre des Systèmes Nationaux d'Observation (SNO, Figure 69). Pour la SRM GdG ces points sont, du nord vers le sud : Concarneau large, Men er Roue, Ouest Loscolo, Auger et Teychan bis.

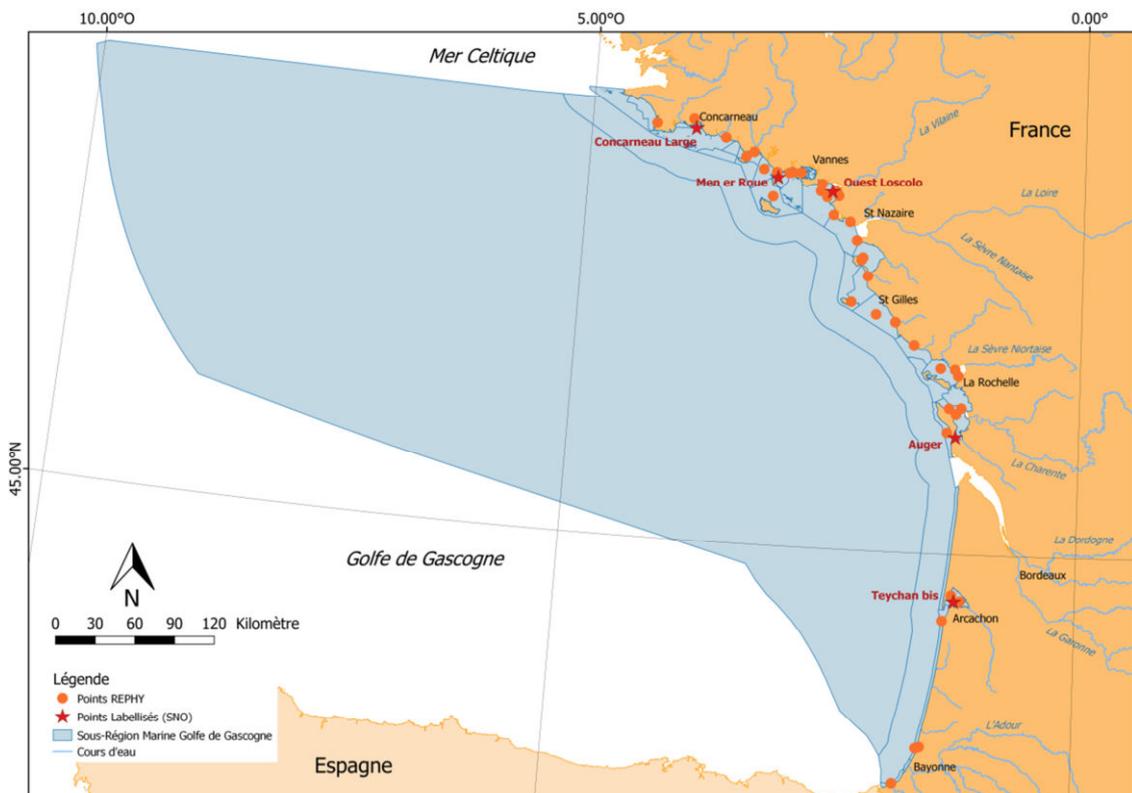


Figure 69. Points de prélèvements de la sous-région marine Golfe de Gascogne utilisés pour effectuer l'évaluation des critères D5C1, D5C2, D5C4 et D5C5 à la côte. Les étoiles représentent les points labellisés du Système National d'Observation (SNO) pour lesquels les tendances temporelles du paramètre chlorophylle-*a* ont été analysées. Source : Ifremer, DEB.

Une analyse des évolutions temporelles sera effectuée sur ces points labellisés en ce qui concerne le paramètre concentration en chlorophylle-*a* pour rendre compte de son évolution avant et pendant la période d'évaluation. Cette analyse a été faite *via* un test non paramétrique Mann-Kendall saisonnier⁵⁴⁻⁵⁵ associé à un lissage LOESS⁵⁶ pour observer plus finement les cassures de tendance dans les séries temporelles. Ces tests ont été exécutés *via* l'interface d'analyse de tendance temporelle "TTAinterface"⁵⁷ développé en langage R.

Les données mesurées dans le cadre du REPHY sont stockées dans la base Quadrige² d'où elles sont directement extraites pour alimenter le calcul des indicateurs DCSMM *via* des scripts développés par le service VIGIES de l'Ifremer. D'autres sources de données existent (RESOMAR, SISMER, CORIOLIS) et ont été rendues disponibles pour l'évaluation 2018, mais leur format étant différent de celui utilisé dans le cadre des routines de calcul de la DCE, leur utilisation n'a pas été possible pour cette évaluation. Les données ont été extraites sur la période 2010 - 2015 pour le calcul des indicateurs.

Concernant le D5C6, les données de superficie d'algues opportunistes échouées sont obtenues par survols aériens. La zone survolée pour la SRM MC va de la Pointe du Raz (partie nord de la MEC FRGC24) à l'île d'Oléron (MEC FRFC03) (Figure 70 et Tableau 5). Les données utilisées pour les calculs de l'indicateur sont celles mesurées sur la période 2010 – 2015 (cycle DCE de 6 ans). Toutes les données utilisées actuellement pour calculer l'indice d'algues opportunistes DCE proviennent de la géodatabase du CEVA et devraient être totalement intégrées à Quadrige² d'ici fin 2017. Aucune autre source de données n'a pour l'instant été identifiée comme pertinente pour renseigner cet indicateur.

Toutes les données utilisées actuellement pour calculer les indices basés sur les communautés de macroalgues et herbiers pérennes (D5C7) dans le cadre de la DCE proviennent de la surveillance REBENT-DCE. Les données n'ont été qu'en partie bancarisées dans Quadrige², et donc par défaut de centralisation, chaque laboratoire responsable des MEC de sa façade effectue le calcul de cet indicateur sur ses MEC ; les résultats de ces évaluations sont ensuite centralisés dans le cadre de la DCE puis adaptés pour les besoins de la DCSMM. La base de données RESOMAR Benthos a également été identifiée comme source potentielle de données. Toutefois, la base de données du RESOMAR n'étant pas disponible dans un format compatible avec les routines R de calcul de l'évaluation, elle ne sera pas utilisée pour l'évaluation DCSMM 2018.



Figure 70. Linéaire survolé pour déterminer les zones d'échouage de macroalgues opportunistes et leur superficie. Sources : CEVA⁷⁰.

6.2.2. Données des zones intermédiaire et large

Pour les zones intermédiaire et large, les données nutriments (nitrate et PID) et oxygène de fond sont issues du modèle hydrodynamique ECO-MARS3D qui fournit des données journalières pour la période 2012-2016. Le protocole d'extraction et de calcul ainsi que les caractéristiques de ces données sont détaillés dans le chapitre 3.4. Pour la SRM GdG, cela représente 602 fichiers rasters pour les nutriments et 610 pour l'oxygène contenant chacun 2 130 pixels pour un total de ~5 400 000 données par nutriment et ~ 5 500 000 données pour l'oxygène ayant servi à effectuer l'évaluation du D5C1 et du D5C5 pour la période 2012-2016.

Les données de chlorophylle-*a* et transparence sont issues des produits dérivés des images satellites journalières. Le protocole d'extraction et de calcul ainsi que les caractéristiques de ces données sont détaillés dans le chapitre 3.4. Pour la SRM GdG, cela représente 1 705 fichiers rasters contenant chacun 140 613 pixels pour un maximum de ~240 000 000 données pouvant servir à effectuer l'évaluation du D5C2 et du D5C4 en zones intermédiaire et large pour la période 2010-2016. Toutefois ce nombre ne prend pas en compte les pixels inexploitable à cause des couvertures nuageuses; le nombre réel de données exploitées pour l'évaluation sera donné dans le chapitre suivant.

6.3. Résultats de l'évaluation par critère pour la SRM GdG

Les résultats de l'évaluation seront d'abord présentés sous forme de synthèses cartographiques et commentés par critère puis pour le descripteur 5 dans son ensemble. Les résultats numériques par indicateurs sont donnés en annexe 11.3.

6.3.1. D5C1 : Concentration en nutriments dans la colonne d'eau

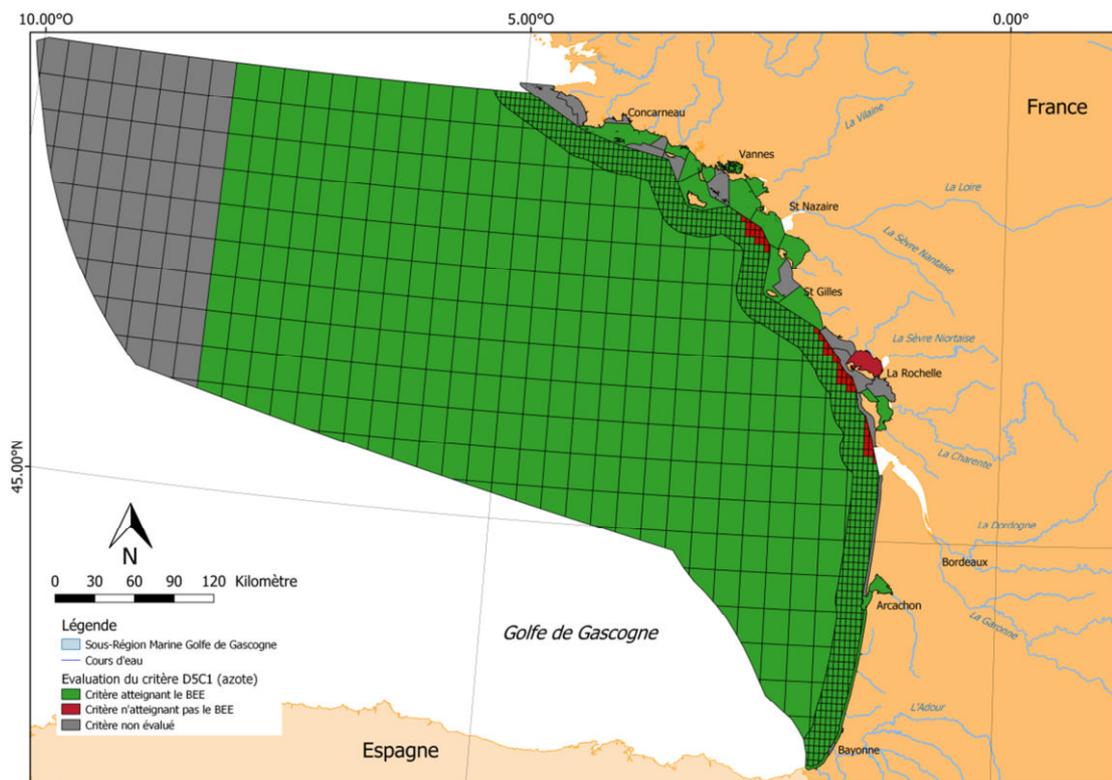


Figure 71A. Évaluation du critère D5C1 (éléments nitrate en zones intermédiaire et large et NID à la côte) dans la sous-région marine Golfe de Gascogne. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données.

L'évaluation de l'état du critère D5C1 montre que la zone large n'est pas déclassée vis-à-vis des éléments nitrate et PID (Figure 71A et Figure 71B respectivement).

La bande intermédiaire montre plusieurs zones déclassées pour les nitrates, en face de l'estuaire de la Gironde, de la Loire et de la Sèvre Niortaise. L'ensemble de ces zones représentent 764 km² (5,4 % de la zone intermédiaire, Tableau 35A). Pour les PID, la zone intermédiaire déclassée est quasi uniforme depuis l'estuaire de la Gironde jusqu'à la Loire, elle représente 2 164 km² (15,3 % de la zone intermédiaire, Tableau 35B).

Sur les 34 MEC DCE de la zone côtière, seule une MEC en face de la Sèvre Niortaise est déclassée pour les NID (325 km² = 4 % de la zone côtière de la SRM, Tableau 35A), 14 n'ont pas été évaluées (2 985 km² = 37 % de la zone côtière de la SRM) et 19 n'ont pas été déclassées pour les NID (4 822 km² = 59 % de la zone côtière de la SRM). Les PID ne sont pas évalués à la côte.

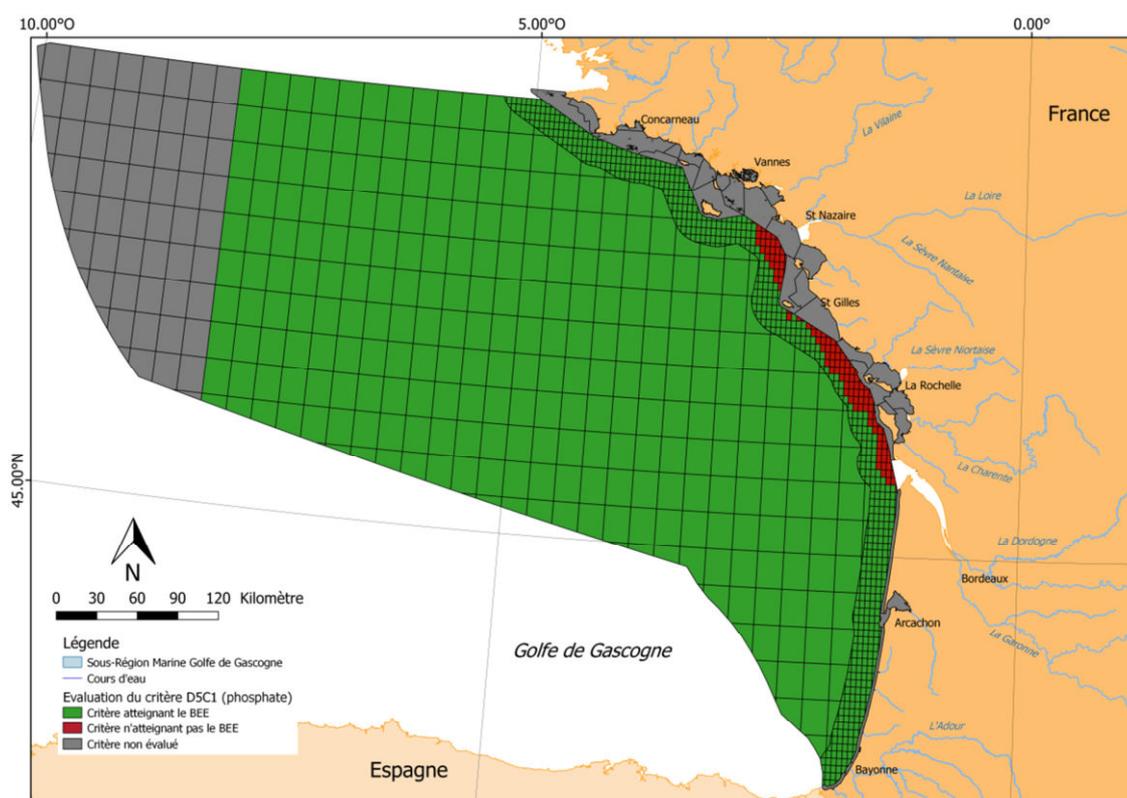


Figure 71B. Évaluation du critère D5C1 (élément PID) dans la sous-région marine Golfe de Gascogne. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données.

83 % de la SRM a été évaluée numériquement vis-à-vis de l'azote et 80 % vis-à-vis de phosphates (Tableau 35A et Tableau 35B). Toutefois, à la vue de l'état de la zone au large de la SRM et à dire d'expert, la zone non évaluée à l'extrême ouest de la SRM peut être considérée comme ayant atteint le BEE vis-à-vis du critère D5C1.

La superficie de la SRM GdG n'ayant pas atteint le BEE est de 1 089 km² pour l'azote (< 1 % de la SRM, Tableau 35A) et 2 164 km² pour les PID (~1,25 % de la SRM, Tableau 35B).

Toutes les masses d'eau côtières ont été évaluées avec une confiance de l'estimation proche de 100 % (probabilité que la masse d'eau atteigne ou n'atteigne effectivement pas le BEE).

Concernant la zone côtière, cette évaluation a été réalisée à partir d'un total de 469 données de concentrations en NID (6 années de mesures mensuelles de novembre à février). Pour la zone intermédiaire et large 5 405 960 données de concentration en nitrate et autant pour les concentrations en PID ont été extraites du modèle ECO-MARS3D pour effectuer l'évaluation entre 2012 et 2016.

Tableau 35A. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine GdG dans les différents états écologiques à l'issu de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C1 (élément azote).

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	4 822	325	2 985
	%	59,3	4	36,7
Intermédiaire	Superficie	13 370	764	0
	%	94,6	5	0
Large	Superficie	136 847	0	29 010
	%	82,5	0	17,5
SRM	Superficie	155 039	1 089	31 995
	%	82,4	0,6	17

Tableau 35B. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine GdG dans les différents états écologiques à l'issu de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C1 (élément phosphore).

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	0	0	8 132
	%	0	0	100
Intermédiaire	Superficie	11 971	2 164	0
	%	84,7	15,3	0
Large	Superficie	136 847	0	29 010
	%	82,5	0	17,5
SRM	Superficie	148 818	2 164	37 142
	%	79,1	1,2	19,7

6.3.2. D5C2 : Concentration en chlorophylle-*a* dans la colonne d'eau

6.3.2.1. Cartographie

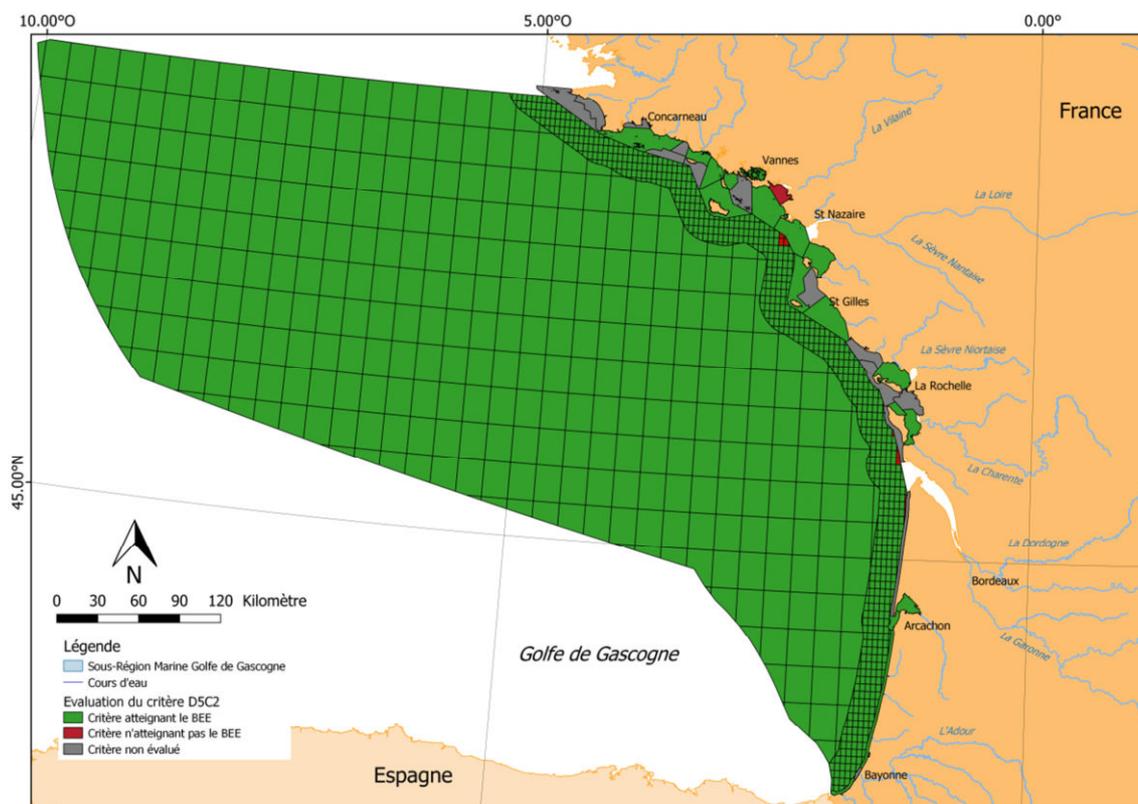


Figure 72. Évaluation du critère D5C2 dans la sous-région marine Golfe de Gascogne. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données.

L'évaluation de l'état du critère D5C2 montre que la zone large n'est pas déclassée vis-à-vis de la chlorophylle-*a* (Figure 72).

La zone intermédiaire montre deux petites zones déclassées au nord de l'estuaire de la Gironde et face à l'estuaire de la Loire (Figure 72). Ces zones représentent 117 km², 0,8 % de la zone intermédiaire de la SRM (Tableau 36).

Sur les 34 MEC DCE de la zone côtière, seule une MEC est déclassée vis-à-vis de la chlorophylle-*a* (152 km² = 1,85 % de la zone côtière de la SRM, Tableau 36), 14 n'ont pas été évaluées (2 985 km² = 36,7 % de la zone côtière de la SRM, Tableau 36) et 19 n'ont pas été déclassées (4 994 km² = 61,4 % de la zone côtière de la SRM, Tableau 36).

Ainsi, plus de 98 % de la SRM a été évaluée vis-à-vis du D5C2, la superficie de la SRM n'atteignant pas le BEE vis-à-vis du D5C2 est de 269 km², soit moins de 1 % de sa superficie (Tableau 36).

Toutes les masses d'eau côtière évaluées l'ont été avec une confiance de 100 % (probabilité que la masse d'eau atteigne ou n'atteigne effectivement pas le BEE).

Concernant la zone côtière cette évaluation a été réalisée à partir d'un total de 948 données (~6 années de mesures mensuelles de chlorophylle-*a* de mars à octobre). Pour la zone intermédiaire et large 76 393 739 données exploitables⁶⁰ de concentration en chlorophylle-*a* ont été extraites des produits issus des images satellites pour effectuer l'évaluation entre 2010 et 2016.

Tableau 36. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine GdG dans les différents états écologiques à l'issue de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C2.

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	4 994	152	2 985
	%	61,4	1,9	36,7
Intermédiaire	Superficie	14 018	117	0
	%	99,2	0,8	0
Large	Superficie	165 857	0	0
	%	100	0	0,0
SRM	Superficie	184 869	269	2 985
	%	98,3	0,1	1,6

6.3.2.2. Tendances temporelles

Les tendances temporelles de la variation de la concentration en chlorophylle-*a* ont été analysées avec le teste non paramétrique Mann-Kendall saisonnier sur cinq points côtiers du réseau de surveillance REPHY labellisés dans le cadre du SNO (Figure 69 et Figure 73).

La concentration en chlorophylle-*a* mesurée sur les 5 points montre des tendances temporelles différentes (Figure 73). Sur le point Men er Roue, elle ne montre pas de tendance temporelle, ni de "cassure", sur la période analysée (2006-2016). Sur le point Loscolo ouest la concentration en chlorophylle-*a* diminue significativement de 2006 à 2012 pour rester stable (sans tendance significative) par la suite. Sur le point Concarneau large la concentration en chlorophylle-*a* augmente significativement de 2004 à 2009 puis diminue significativement jusqu'en 2017. Sur le point Teychan bis la concentration en chlorophylle-*a* augmente significativement pendant la période analysée (2008-2016). Le point Auger montre le plus de variation dans la tendance, c'est également le point avec la plus longue série temporelle exploitable (1985-2016). La concentration en chlorophylle-*a* y augmente significativement de 1985 à 1994 pour diminuer significativement jusqu'en 2004 puis augmenter de nouveau jusqu'en 2016.

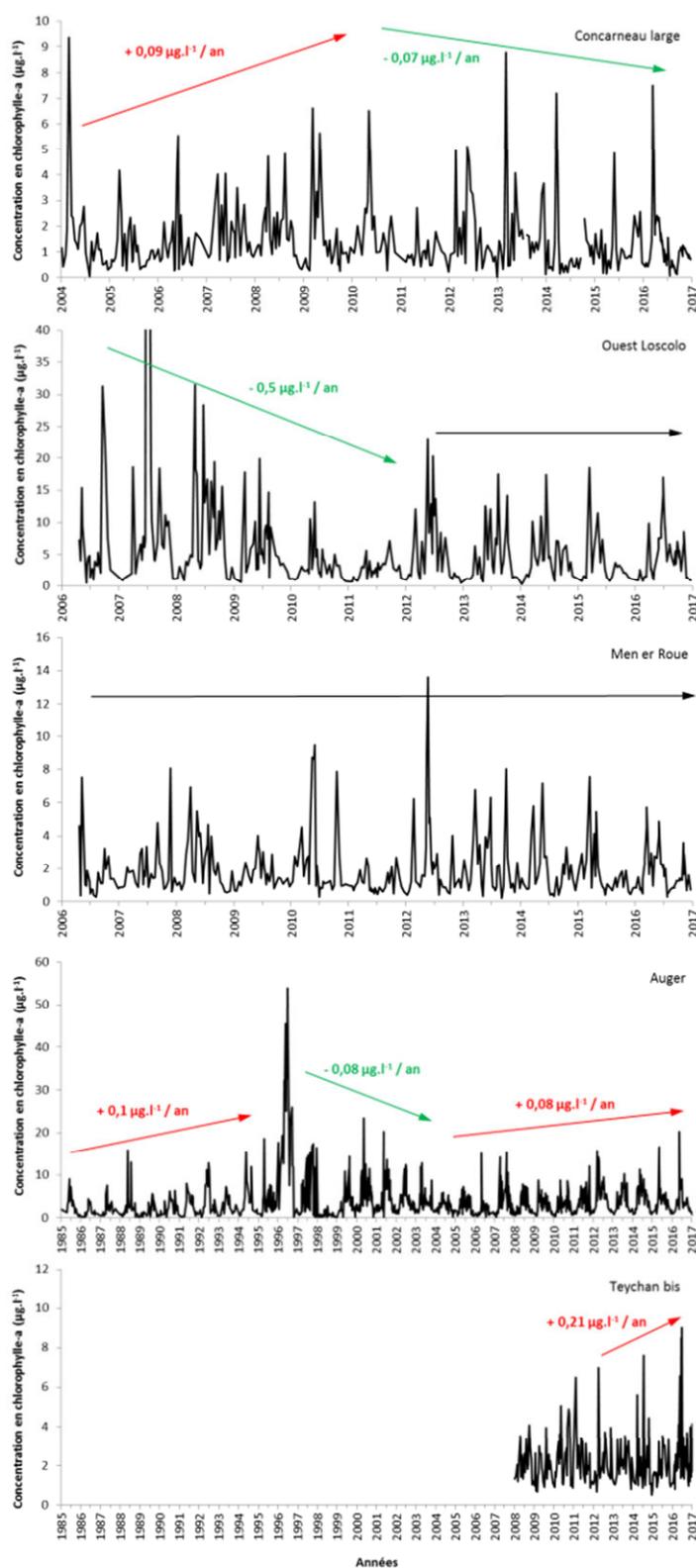


Figure 73. Variation de la concentration en chlorophylle-a sur les 3 points du réseau REPHY de la SRM GdG labellisé dans le cadre du SNO. Les flèches et données en rouge montrent les tendances significatives à la hausse (test Mann-Kendal saisonnier et p.valeur > 0,05), les flèches et données en vert montrent les tendances significatives à la baisse et les flèches noires l'absence de tendance significative.

6.3.3. D5C4 : Transparence de la colonne d'eau

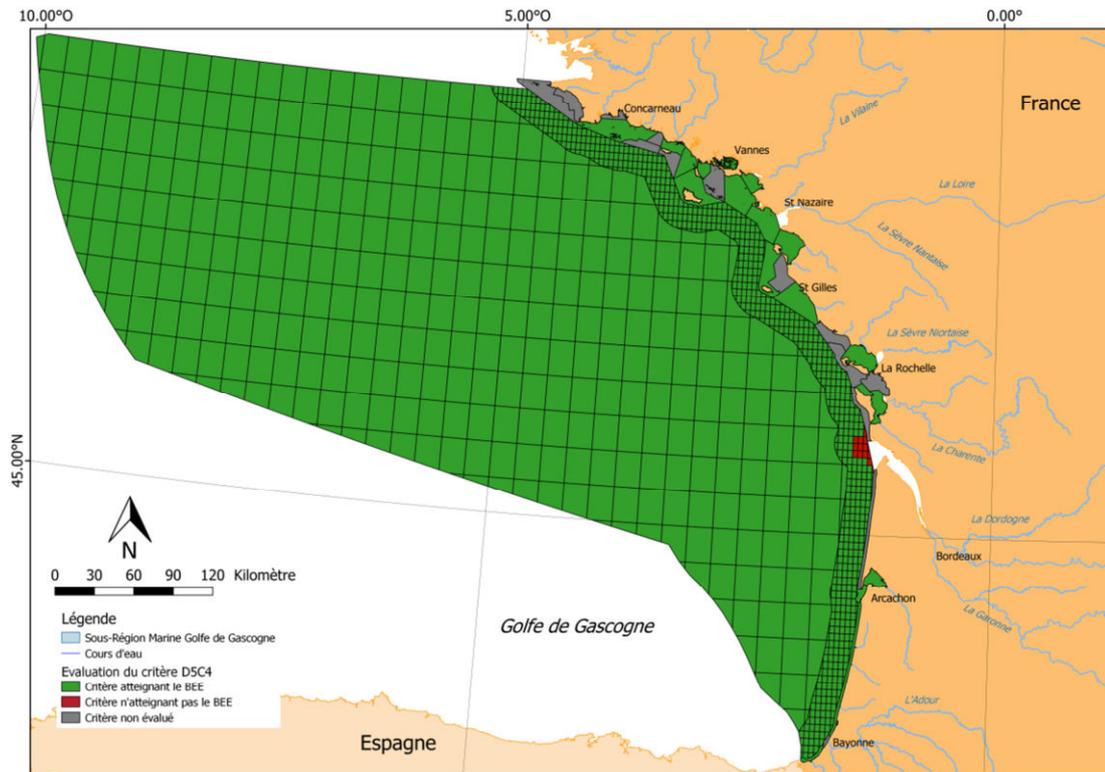


Figure 74. Évaluation du critère D5C4 dans la sous-région marine Golfe de Gascogne. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données.

L'évaluation de l'état du critère D5C4 montre que la zone large de la SRM GdG n'est pas déclassée vis-à-vis de la turbidité (Figure 74).

Seule une petite zone de la zone intermédiaire, en face de l'estuaire de la Gironde est déclassée vis-à-vis de la turbidité. Elle représente 251 km² soit 3,5 % de la zone intermédiaire de la SRM (Tableau 37).

Sur les 34 MEC DCE de la SRM GdG, 20 ont été évaluées comme étant non déclassées (5 147 km² = 63,3 % de la zone côtière de la SRM, Tableau 37) ; les autres MEC n'ont pas été évaluées.

Ainsi plus de 98 % de la SRM a été évaluée vis-à-vis du critère D5C4 et moins de 1 % est déclassée vis-à-vis de la turbidité (Tableau 37).

Toutes les masses d'eau côtière évaluées l'ont été avec une confiance de l'estimation de 100 % (probabilité que la masse d'eau atteigne ou n'atteigne effectivement pas le BEE).

Concernant la zone côtière cette évaluation a été réalisée à partir d'un total de 953 données (~6 années de mesures de turbidité mensuelles de mars à octobre). Pour la zone intermédiaire et large 76 374 964 données exploitables de turbidité ont été extraites des produits issus des images satellites pour effectuer l'évaluation entre 2010 et 2016.

Tableau 37. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine GdG dans les différents états écologiques à l'issu de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C4.

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	5 147	0	2 984
	%	63,3	0	36,7
Intermédiaire	Superficie	13 885	251	0
	%	98,2	1,8	0
Large	Superficie	165 857	0	0
	%	100	0	0
SRM	Superficie	184 889	251	2 984
	%	98,3	0,1	1,6

6.3.4. D5C5 : Concentration en oxygène dissous au fond de la colonne d'eau

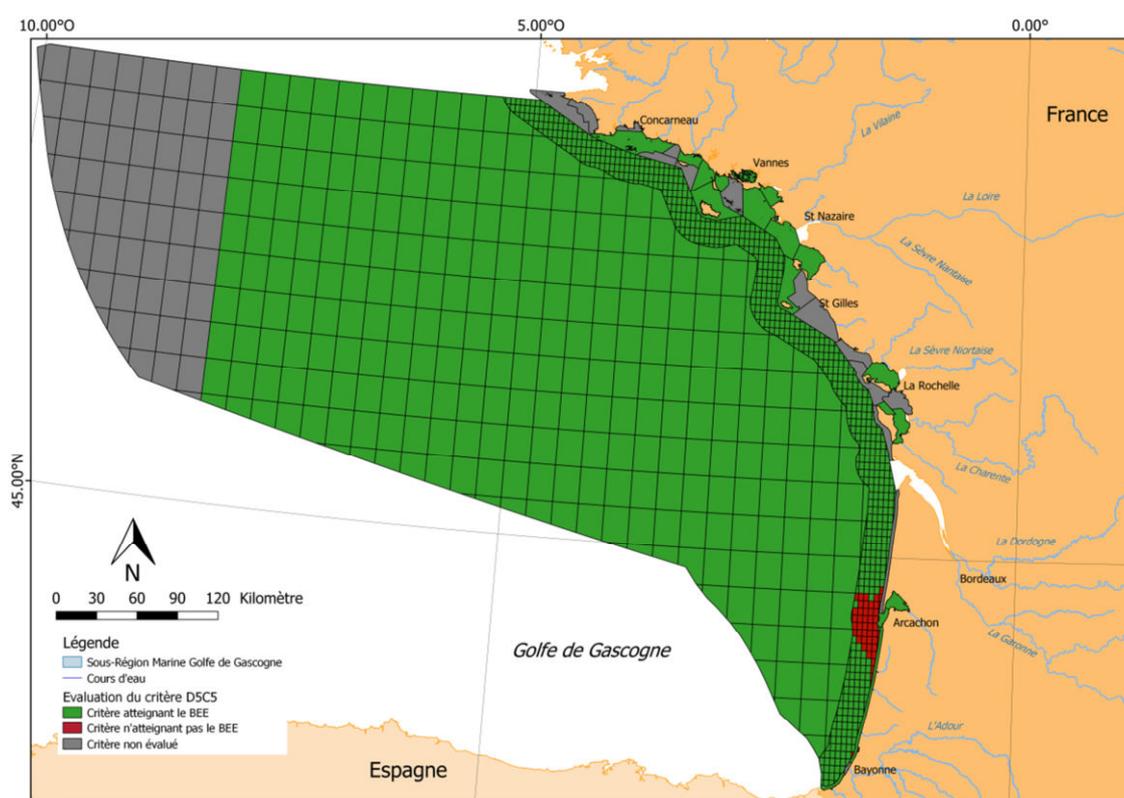


Figure 75. Évaluation du critère D5C5 dans la sous-région marine Golfe de Gascogne. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données.

L'évaluation de l'état du critère D5C4 montre que les zones large et côtière de la SRM GdG ne sont pas déclassées vis-à-vis de la concentration en oxygène au fond (Figure 75).

Seule une petite zone de la zone intermédiaire, en face du bassin d'Arcachon est déclassée vis-à-vis de l'oxygène. Elle représente 912 km² soit 6,5 % de la zone intermédiaire de la SRM.

Sur les 34 MEC DCE de la SRM GdG, 19 ont été évaluées comme étant non déclassées vis-à-vis de l'oxygène (4 619 km² = 57 % de la zone côtière de la SRM), les autres MEC n'ont pas été évaluées. Ce résultat est toutefois à relativiser, car d'après ses concepteurs le modèle ECO-MARS3D n'est toujours pas pleinement fiable sur l'estimation de la concentration en oxygène dans la colonne d'eau pour la partie du Golfe de Gascogne au sud de la Loire (Menesguen A., communication personnelle).

Ainsi 82 % de la SRM a été évaluée vis-à-vis du critère D5C5. Toutefois, à la vue de l'état de la zone au large de la SRM et à dire d'expert, la zone non évaluée à l'extrême ouest de la SRM peut être considéré comme étant en bon état vis-à-vis du critère D5C5.

Toutes les masses d'eau côtière évaluées l'ont été avec une confiance de 100 % (probabilité que la masse d'eau atteigne ou n'atteigne effectivement pas le BEE).

Concernant la zone côtière, cette évaluation a été réalisée à partir d'un total de 332 données (~6 années de mesures mensuelles d'oxygène dissous de juin à septembre). Pour les zones intermédiaire et large 5 477 800 données oxygène dissous ont été extraites du modèle ECO-MARS3D pour effectuer l'évaluation entre 2012 et 2016.

Tableau 38. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine GdG dans les différents états écologiques à l'issue de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C5.

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	4 619	0	3 512
	%	56,8	0	43,2
Intermédiaire	Superficie	13 218	912	0
	%	93,5	6,5	0
Large	Superficie	136 847	0	29 010
	%	82,5	0	17,5
SRM	Superficie	154 684	912	32 522
	%	82,2	0,5	17,3

6.3.5. D5C6 : Macroscopiques opportunistes des habitats benthiques

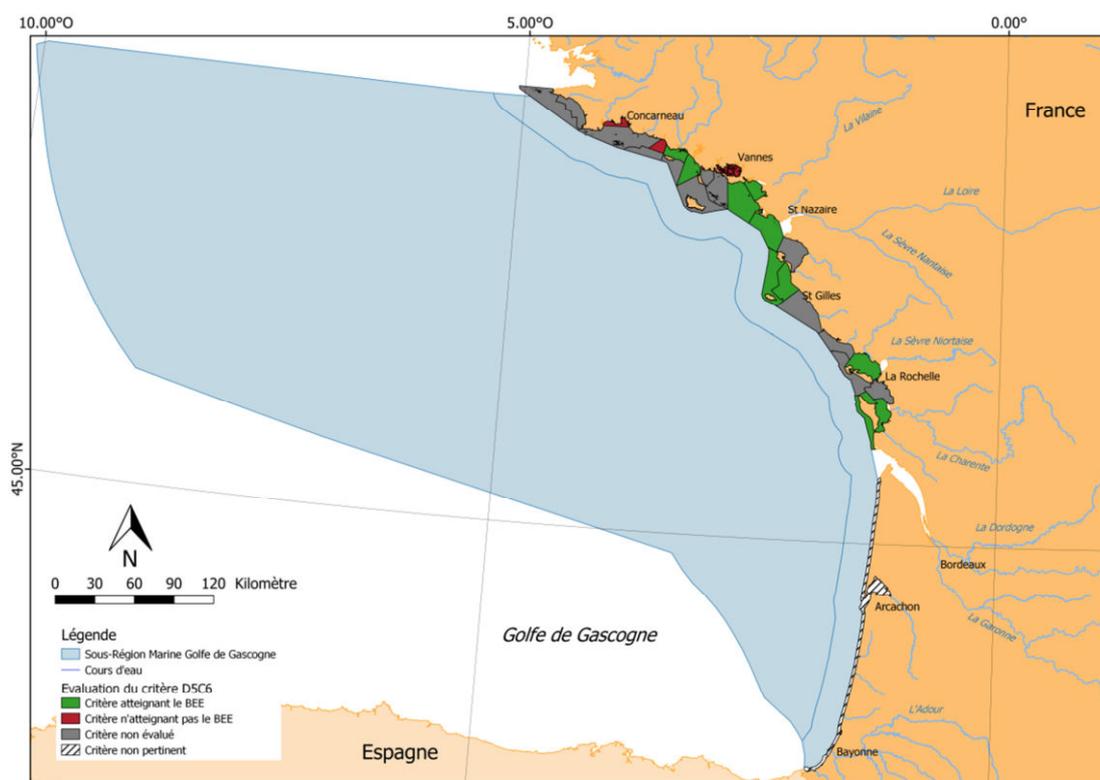


Figure 76. Évaluation du critère D5C6 dans la sous-région marine Golfe de Gascogne. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE, en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données et en blanc hachurés où elle est jugée non pertinente.

L'évaluation de l'état du critère D5C6 n'a été réalisée qu'à la côte puisqu'elle n'est pas pertinente pour les zones intermédiaire et large (Figure 76). Sur les 34 MEC de la SRM GdG, 13 n'ont pas été évaluées ($4\,229\text{ km}^2 = 52\%$ de la zone côtière de la SRM), 3 n'atteignent pas le BEE ($260\text{ km}^2 = 3,2\%$ de la zone côtière de la SRM) (Baie de Concarneau, Laïta/Pouldu et Golfe du Morbihan), 11 atteignent le BEE ($2\,931\text{ km}^2 = 36\%$ de la zone côtière de la SRM) et 7 ont été jugées non pertinentes (au sud de l'estuaire de la Gironde).

Parmi les 13 MEC non évaluées, 8 ont été évaluées en très bon état pour le cycle DCE 2008-2012, les autres n'ont jamais été évaluées avec les mêmes grilles de seuils que celles utilisées pour cette évaluation (voir chapitre 3.3.6.3).

6.3.6. D5C7 : Communautés de macrophytes des habitats benthiques

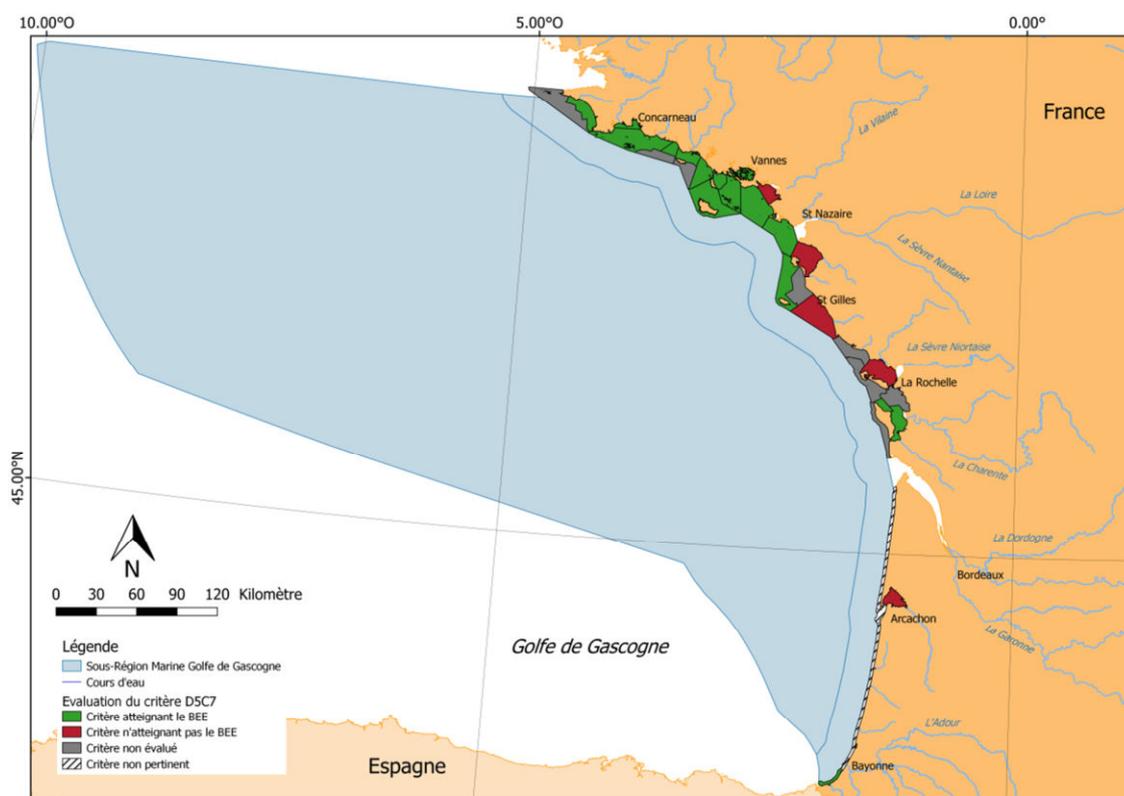


Figure 77. Évaluation du critère D5C7 dans la sous-région marine Golfe de Gascogne. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE, en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données et en blanc où elle est jugée non pertinente (masse d'eau ne possédant pas de formation végétale remarquable à suivre au titre de la DCE).

L'évaluation de l'état du critère D5C7 n'a été réalisée qu'à la côte puisqu'elle n'est pas pertinente pour les zones intermédiaire et large (Figure 77). Sur les 34 MEC de la SRM GdG, 8 non pas été évaluées ($2\,030\text{ km}^2 = 25\%$ de la zone côtière de la SRM), 5 n'atteignent pas le BEE ($1\,490\text{ km}^2 = 18,3\%$ de la zone côtière de la SRM) (Baie de Vilaine, Baie de Bourgneuf, Nord Sables d'Olonnes, Pertuis Breton et Bassin d'Arcachon), 16 atteignent le BEE ($4\,102\text{ km}^2 = 50,5\%$ de la zone côtière de la SRM) et 5 ne sont pas considérées comme pertinentes pour l'évaluation de ce critère (au sud de l'estuaire de la Gironde).

6.4. Résultats au niveau du descripteur 5 pour la SRM GdG

6.4.1. Évaluation de la SRM

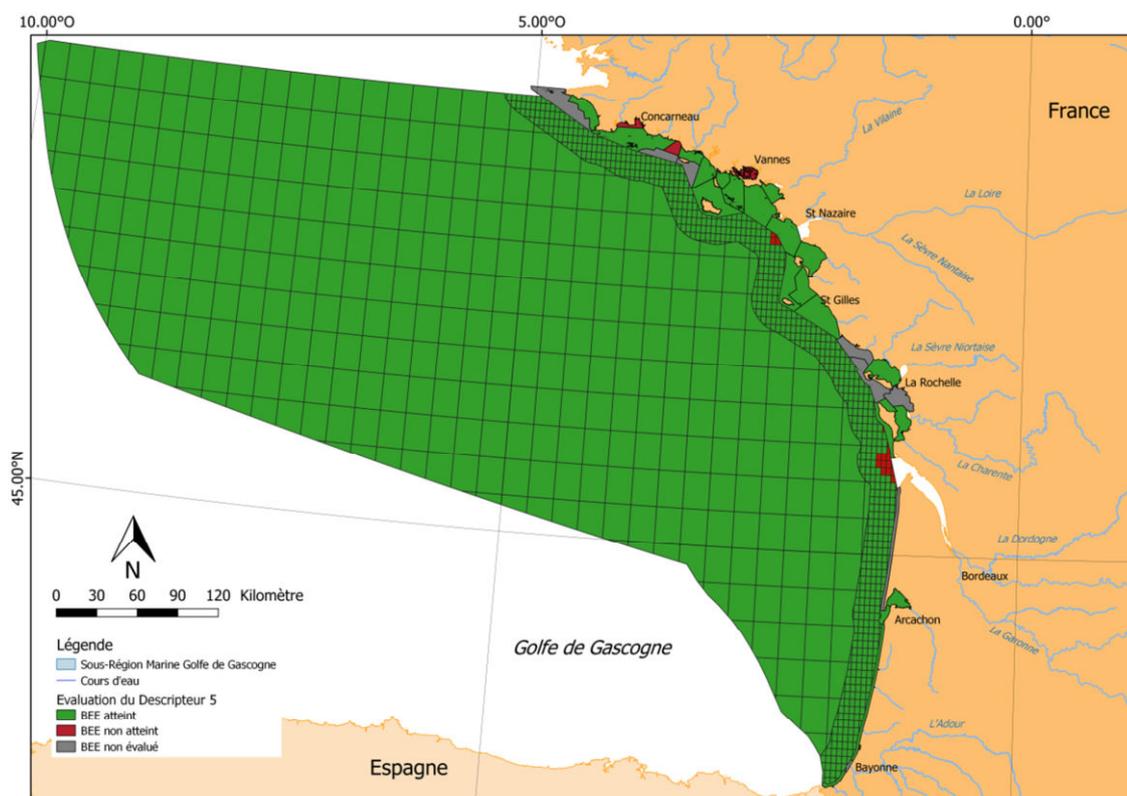


Figure 78. Évaluation du descripteur 5 dans la sous-région marine Golfe de Gascogne. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le descripteur 5 atteint le BEE, les UGE en rouge dans lesquelles il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation du BEE.

L'évaluation du descripteur 5 effectuée suivant le protocole détaillé dans les chapitres précédents et sur la base des résultats obtenus pour chaque critère, montre que la zone large n'est pas touchée par le phénomène d'eutrophisation tel que décrit dans la DCSMM (Figure 78). En zone côtière, seules trois MEC sont considérées comme ne pouvant pas atteindre le BEE en raison des problèmes d'eutrophisation (MEC dégradée à cause des blooms de macroalgues vertes : Baie de Concarneau, Golfe du Morbihan et Laïta/Pouldu). En zone intermédiaire, 2 zones de 58 km² et 230 km² en embouchure de la Loire et de la Gironde respectivement n'atteignent pas le BEE en raison de l'action combinée des nutriments, de la chlorophylle-*a* et/ou de la turbidité (surtout pour la Gironde). A l'échelle de la SRM GdG, les zones à problèmes d'eutrophisation représentent 0,3 % de la superficie (Tableau 39). Seule 1 % de la superficie n'a pas été évaluée.

Tableau 39. Surface (km²) et proportion (%) de superficie de la sous-région marine GdG dans les différents états écologiques à l'issu de l'évaluation DCSMM au regard du descripteur 5.

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	6 078	261	1 793
	%	74,7	3,2	22
Intermédiaire	Superficie	13 844	287	0
	%	98,0	2,0	0
Large	Superficie	165 857	0	0
	%	100,0	0	0
SRM	Superficie	185 779	548	1 793
	%	98,8	0,3	1,0

6.4.2. Confiance

Si la quasi-totalité de la superficie de la SRM GdG a été évaluée vis-à-vis du descripteur 5, toutes les zones ne font pas été évaluées avec la même "qualité". La cartographie de l'indice de confiance basé sur le nombre de critères utilisés par rapport au nombre de critères pertinents par UGE (Figure 79) montre que cet indice est particulièrement élevé en zones intermédiaire et large mais est plus variable en zone côtière. Ceci est dû au fait que, mise à part pour la pointe ouest de la SRM, tous les critères primaires ont pu être évalué dans les zones intermédiaire et large et ceci pour la quasi-totalité des UGE (grâce à la résolution et à l'emprise spatiale élevé des produit issu de la modélisation et des images satellites), ainsi que les critères secondaires pertinents (i.e. turbidité). Dans ces zones, seul le critère secondaire algue toxique (D5C3) n'a pas pu être évalué, les critères D5C6 et D5C7 n'y étant pas pertinent. Pour la zone côtière, le nombre de critère évalué par MEC est beaucoup plus variable car il est fonction de la présence ou non de point de prélèvement des réseaux de surveillance dans la MEC mais dépend aussi de certaines contraintes humaine et matériel (impossibilité d'aller sur le terrain, matériels défectueux etc.).

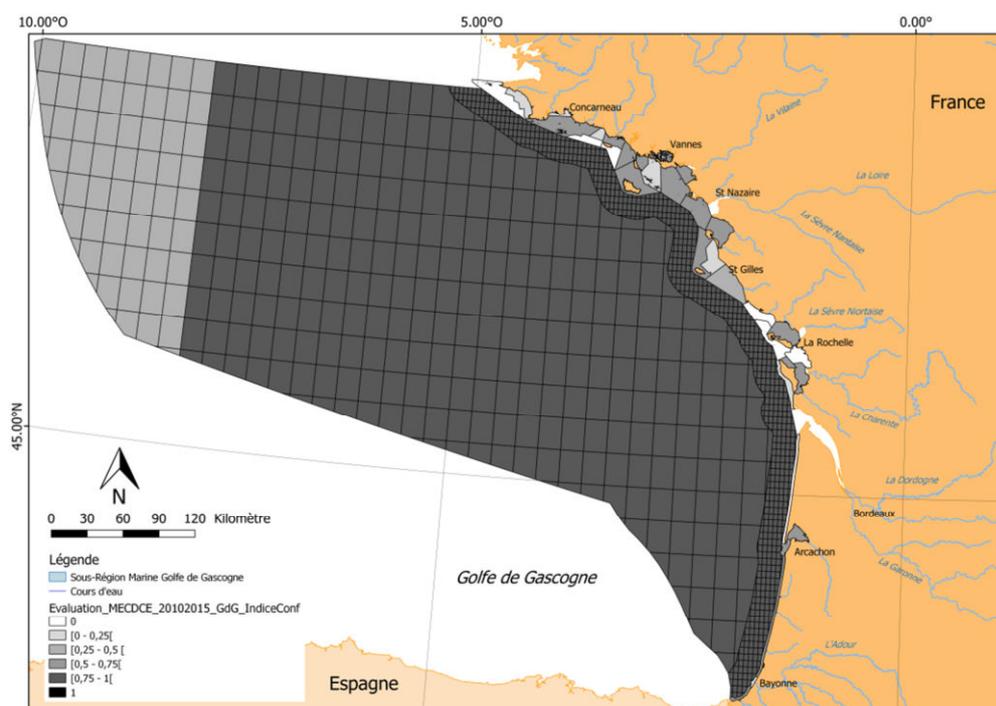


Figure 79. Cartographie de l'indice de confiance calculé, pour chaque UGE, à partir du nombre de critère utilisé pour évaluer le BEE dans la sous-région marine Golfe de Gascogne.

6.5. Sources de pressions dans la SRM GdG

6.5.1. Apports terrestres

6.5.1.1. Flux en nutriments des cours d'eau

La principale source de pression alimentant les processus d'eutrophisation en nutriment provient des cours d'eau se jetant dans la mer et drainant les nutriments en excès provenant des activités anthropiques réparties sur leur bassin hydrographique (Figure 80), telles que l'agriculture, l'industrie ou l'urbanisation.

Ces flux de nutriments peuvent ainsi être quantifiés à partir de mesures de nutriments effectuées sur 29 stations, 6 à 24 fois par an par les Agences de l'Eau Loire-Bretagne et Adour-Garonne (points roses sur la figure 80) et de mesures de débits journalières sur ces mêmes cours d'eau (points bleus sur la figure 80) effectuées par la DREAL entre 1989 et 2015 (27 années). Le calcul de flux est ensuite réalisé par le SOeS *via* l'utilisation du logiciel de calcul de flux OSPAR (dans le cadre du RID⁶², Riverine Input Discharges) RTrend©. Les flux des zones d'apport diffus et des cours d'eau non monitoré sont estimés à partir d'une zone monitorée présentant des caractéristiques d'occupation du sol comparable.

Les données reportées chaque année dans le cadre de l'étude RID, sont évaluées et publiées par OSPAR dans des rapports annuels sur les données RID.

Globalement, les flux cumulés en nitrate fluctuent d'une année à l'autre (Figure 81A) entre 130 kT pour l'année 1989 et 485 kT pour l'année 2000, les apports de la Loire et de la Garonne contribuent à 50 %-70 % des apports totaux (Figure 81B).

Les flux cumulés en nitrate ne montrent toutefois pas de tendance significative sur la période observée (1989-2015) pour l'ensemble de la SRM (Tableau 40). Seuls les flux cumulés en azote totaux montrent une tendance significative (+8 % par an) à l'augmentation sur cette période pour l'ensemble de la SRM GdG (Tableau 40). Les flux en ammonium diminuent significativement sur la majorité des cours d'eau de la façade Atlantique.

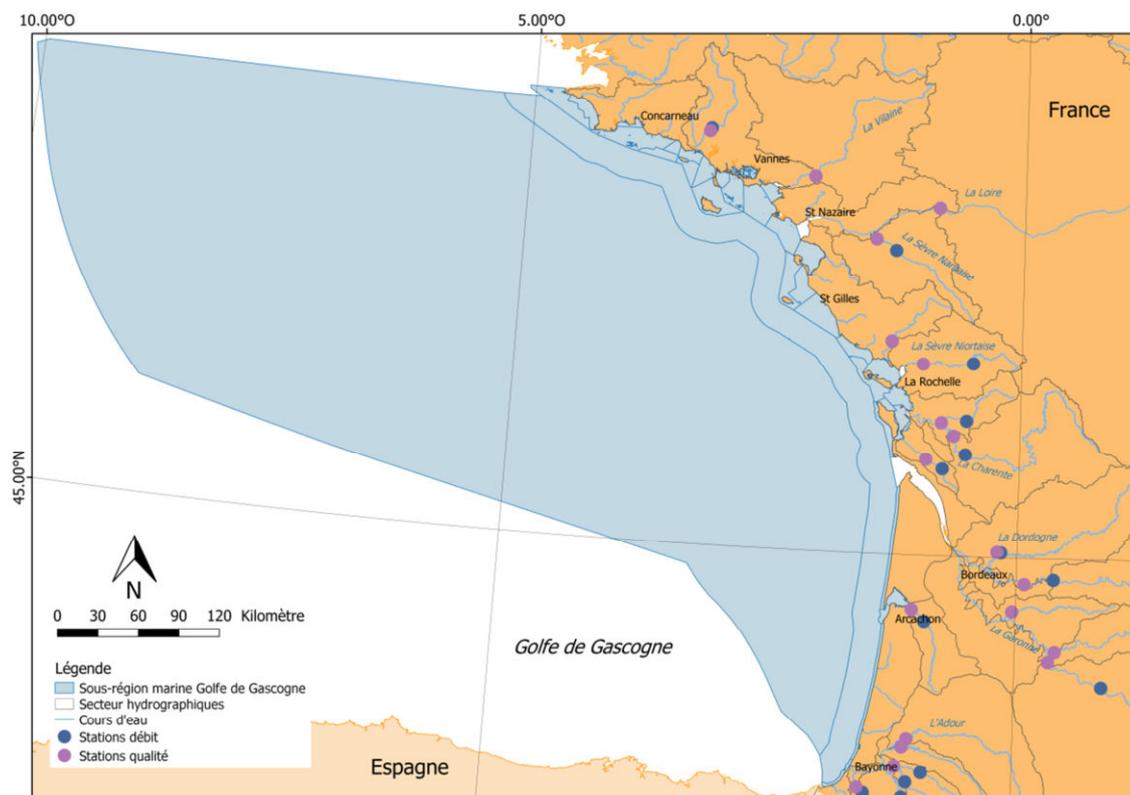


Figure 80. Carte des points de mesures de débit (points bleus) et de concentration en nutriments (points roses) des principaux fleuves (nommés sur la carte) se déversant dans la SRM GdG. Les secteurs hydrographiques drainés par ces cours d'eau sont délimités en gris. Sources : Ifremer, SOeS, DREAL, Agences de l'Eau.

Les flux en orthophosphates, dont le principal contributeur est la Loire à hauteur de 30 % à 60 % (Figure 82B), montrent une diminution significative globale avec une tendance de -3% par an représentant environ -0,16 kT/an (Figure 82A et Tableau 40). Cette tendance à la baisse se retrouve au niveau de la majorité des cours d'eau y compris la Loire (Tableau 40).

Pour l'ensemble de la SRM GdG, les flux cumulés en orthophosphates étaient couramment supérieurs à 6 kT/an jusqu'au début des années 2000, ils ont diminués au cours des années 2000 pour rester sous les 4 kT/an depuis 2005 (Figure 82A).

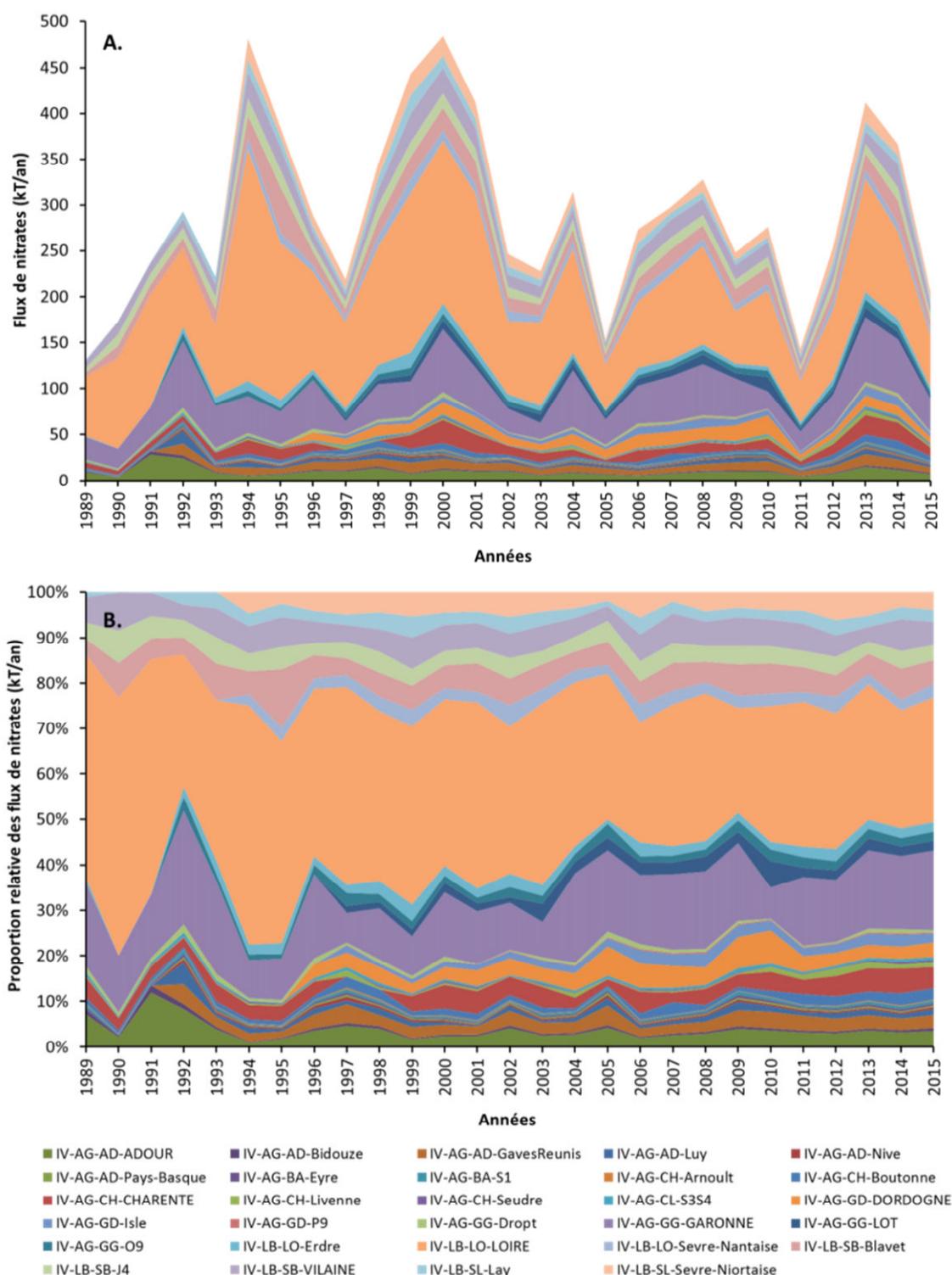


Figure 81. A. Évolution temporelle des flux en nitrate (kT/an) et B. Évolution temporelle de la proportions relatives (%) des flux en nitrate, calculées par le SOeS (suivant le protocole OSPAR RID) pour les principaux cours d'eau et secteurs hydrographiques (apports diffus et ponctuels) se déversant dans la SRM GdG entre 1989 et 2015. La correspondance entre l'ID de certain cours d'eau et leur nom commun est indiquée tableau 40.

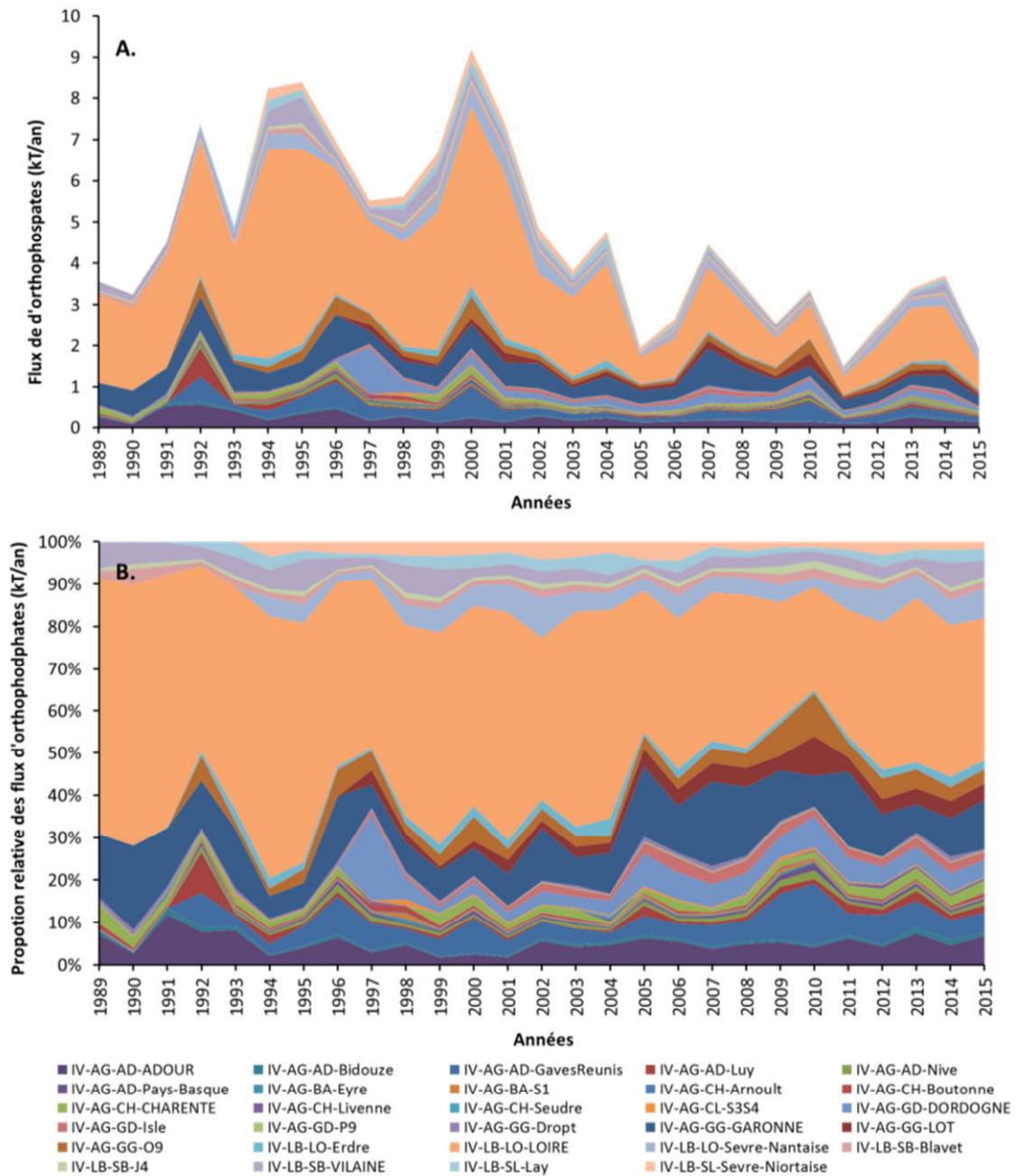


Figure 82. A. Évolution temporelle des flux en phosphate (kT/an) et B. Évolution temporelle de la proportions relatives (%) des flux en phosphate, calculées par le SOEs (suivant le protocole OSPAR RID) pour les principaux cours d'eau et secteurs hydrographiques (apports diffus et ponctuels) se déversant dans la SRM GdG entre 1989 et 2015. La correspondance entre l'ID de certain cours d'eau et leur nom commun est indiquée tableau 40.

Tableau 40. Tendances temporelle (test de MannKendall Saisonnier) des flux en nutriment sur 27 années de mesure (1989 à 2015) pour les cours d'eau se déversant dans la SRM GdG et inclus dans la stratégie RID OSPAR; superficie des secteurs hydrographiques et caractéristiques des apports relatifs à ces cours d'eau (tributaire: cours d'eau secondaire). Les flèches vertes indiquent une tendance significative (p. valeur <0,05) à la baisse et les flèches bleues indiquent l'absence de tendance significative. La superficie en gras représente la somme des superficies de tous les secteurs hydrographiques, les valeurs de tendance en gras ont été calculées sur la somme des flux de tous les cours d'eau par année. Les données entre parenthèses représentent le pourcentage de variation annuelle du nutriment calculé pour la période 1989 à 2015 en % de kT/an. Les valeurs en dehors des parenthèses représentent les variations en kT/an. Les estimations de flux sont effectuées par le SOeS suivant le protocole OSPAR RID.

ID du cours d'eau	Nom du cours d'eau	Bassin Versant	Superficie du secteur hydro. (km ²)	Caractéristique des apports	Tendances				
					Total N	NO3-N	NH4-N	Total P	PO4-P
IV-AG-AD-ADOUR	L'Adour	Adour-Garonne	7977	tributaire	→	→	→ -0,03 (-3,5)	→ -0,015 (-2,8)	→ -0,007 (-2,9)
IV-AG-AD-Bidouze	La Bidouze	Adour-Garonne	1041	tributaire	→	→	→ -0,005 (-4,2)	→ -0,002 (-2,5)	→ -0,0008 (-2,7)
IV-AG-AD-GavesReunis	Les Gaves Réunis	Adour-Garonne	5504	tributaire	→	→	→ -0,018 (-3,5)	→ -0,03 (-4)	→
IV-AG-AD-Luy	Le Luy	Adour-Garonne	1367	tributaire	→	→	→	→	→
IV-AG-AD-Nive	La Nive	Adour-Garonne	1153	tributaire	→	→	→ -0,004 (-5)	→	→ -0,0018 (-3,4)
IV-AG-AD-Pays-Basque		Adour-Garonne	644	apport diffus	→	→	→ -0,002 (-3,5)	→ -0,004 (-4,1)	→
IV-AG-BA-Eyre	L'Eyre	Adour-Garonne	2036	tributaire	→	→	→	→ -0,002 (-4,2)	→
IV-AG-BA-S1		Adour-Garonne	2810	apport diffus	→	→	→	→ -0,003 (-4,2)	→
IV-AG-CH-Arnoult	L'Arnoult	Adour-Garonne	291	apport diffus	→	→	→ -0,0005 (-4,7)	→ -0,0003 (-2,8)	→ -0,0004 (-2,8)
IV-AG-CH-Boutonne	La Boutonne	Adour-Garonne	2141	tributaire	→	→ 0,11 (5,5)	→ -0,004 (-5,5)	→ -0,003 (-3,6)	→ -0,001 (-3,7)
IV-AG-CH-CHARENTE	La Charente	Adour-Garonne	7526	tributaire	→	→	→ -0,012 (-4,5)	→	→ -0,003 (-2,7)
IV-AG-CH-Livenne	La Livenne	Adour-Garonne	1172	apport diffus	→	→ 0,07 (13,4)	→	→ 0,0008 (12)	→
IV-AG-CH-Seudre	La Seudre	Adour-Garonne	988	tributaire	→	→	→ -0,0004 (-4,6)	→ -0,0002 (-3,1)	→
IV-AG-CL-S3S4		Adour-Garonne	3104	apport diffus	→	→	→	→ -0,004 (-4,2)	→
IV-AG-GD-DORDOGNE	La Dordogne	Adour-Garonne	14605	tributaire	→	→	→ -0,01 (-4,1)	→ -0,03 (-5,5)	→
IV-AG-GD-Isle	L'Isle	Adour-Garonne	8472	tributaire	→	→	→ 0,007 (6,6)	→	→
IV-AG-GD-P9		Adour-Garonne	870	apport diffus	→	→	→ 0,0007 (6,6)	→	→
IV-AG-GG-Dropt	Le Dropt	Adour-Garonne	2672	tributaire	→	→	→ -0,005 (-5,4)	→ -0,003 (-4,1)	→ -0,001 (-3,9)
IV-AG-GG-GARONNE	La Garonne	Adour-Garonne	38227	main river	→	→	→ -0,05 (-3,9)	→	→ -0,014 (-3)
IV-AG-GG-LOT	Le Lot	Adour-Garonne	11541	tributaire	→	→	→ -0,014 (-4,8)	→ -0,01 (-3,6)	→
IV-AG-GG-O9		Adour-Garonne	3875	apport diffus	→	→	→ -0,013 (-3,5)	→ -0,024 (-4)	→
IV-LB-LO-Erdre	L'Erdre	Loire-Bretagne	3636	apport diffus	→	→	→	→	→
IV-LB-LO-LOIRE	La Loire	Loire-Bretagne	110178	main river	→ -4,86 (-3,4)	→	→ -0,13 (-4,8)	→ -0,26 (-4,3)	→ -0,1 (-4)
IV-LB-LO-Sevre-Nantaise	La Sevre Nantaise	Loire-Bretagne	4664	tributaire	→	→ -0,2 (-1,8)	→ -0,01 (-4,1)	→	→
IV-LB-SB-Blavet	Le Blavet	Loire-Bretagne	4649	tributaire	→	→	→ -0,005 (-3,2)	→ -0,011 (-3,6)	→ -0,002 (-2,8)
IV-LB-SB-J4		Loire-Bretagne	2868	apport diffus	→	→	→ -0,003 (-3,5)	→ -0,007 (-3,5)	→
IV-LB-SB-VILAINE	La Vilaine	Loire-Bretagne	10144	tributaire	→	→	→ -0,015 (-4)	→ -0,015 (-3,4)	→ -0,008 (-4)
IV-LB-SL-Lay	Le Lay	Loire-Bretagne	4522	tributaire	→	→	→	→	→
IV-LB-SL-Sevre-Niortaise	La Sevre Niortaise	Loire-Bretagne	4363	tributaire	→	→	→ -0,014 (-5)	→ -0,02 (-5,8)	→ -0,01 (-5,7)
Total			263039		→ 12,4 (8)	→	→ -0,3 (-3,5)	→ -0,43 (-3,2)	→ -0,16 (-3)

apport diffus = sans cours d'eau prépondérant

tributaire = cours d'eau secondaire

tributaire non monitoré = cours d'eau secondaire sans mesure terrain

6.5.1.2. Apports diffus : zones vulnérables

Dans le cadre de la protection des eaux souterraines et de surface contre les pollutions provoquées par les nitrates d'origine agricole (apports diffus), la 5^{ème} révision de la délimitation des zones vulnérables aux nitrates (eaux excédant ou pouvant excéder 50 mg.l⁻¹ à 0 de salinité = norme de l'OMS, ce qui représente un seuil sanitaire pour l'homme et non pour l'environnement) est fondée sur les résultats des mesures effectuées dans les eaux souterraines et les eaux de surface. Les préfets coordonnateurs de bassin ont arrêté en 2012 les zones vulnérables pour la période 2013 à 2016 (Figure 83).

La totalité des zones de drainages se déversant dans la partie nord de l'estuaire de la Gironde dans la SRM GdG sont classées zones vulnérables aux nitrates; dans la partie sud ces zones sont localisées au niveau du bassin d'Arcachon ainsi qu'au niveau de la Garonne et de l'Adour. Il est ainsi surprenant de ne pas voir plus de MEC dégradés au regard du critère D5C1, toutefois le seuil de classement en zones vulnérable n'est pas un seuil écologique ce qui crée un décalage entre la classification des zones terrestres en zones vulnérables aux nitrates et la classification des MEC par le D5C1 dans le cadre de la DCSMM. Cette directives pourraient toutefois agir comme un levier potentiel pour agir sur la diminution des flux de nutriments vers la côte.

Note : La Directive "Nitrates" (91/676/CEE) a pour objectif de préserver la ressource en eau et les milieux aquatiques de la pollution par les nitrates d'origine agricole. Elle prévoit une surveillance tous les 4 ans des eaux superficielles et souterraines. Les résultats de cette campagne de surveillance déterminent une analyse et une révision éventuelle de la délimitation des zones vulnérables à la pollution par les nitrates d'origine agricole. Dans ces zones, des programmes d'action spécifiques sont mis en place pour réduire les apports de nitrates dans les eaux. Les 5^{èmes} programmes d'action seront élaborés au cours de l'année 2013.



Figure 83. Localisation des zones vulnérables aux nitrates (en vert) dans les bassins versant se rejetant dans la SRM GdG telles que définit par la directive "Nitrates" (91/676/CEE). Sources : Ifremer, Sandre.

6.5.1.3. Apports ponctuels : zones sensibles

L'article R211-94 du code de l'environnement, transposant dans le droit français l'article 5 et l'annexe II de la directive Eaux Résiduelles Urbaines (91/271/EEC UWWT) définit les zones sensibles comme les masses d'eau particulièrement sensibles aux pollutions, notamment celles dont il est établi qu'elles sont eutrophes ou pourraient devenir eutrophes à brève échéance si des mesures ne sont pas prises, et dans lesquelles les rejets de phosphore, d'azote ou de ces deux substances doivent, s'ils sont cause de ce déséquilibre, être réduits.

En 2015, la France compte dans sa base de données 20 783 agglomérations d'assainissement comprenant 21 079 stations de traitement des eaux usées (STEU) qui représentaient une charge globale de 78 millions d'Equivalents-habitants (Eh) pour une capacité épuratoire de l'ensemble des STEU de 104 millions d'Eh. Les agglomérations de 2000 Eh et plus étaient au nombre de 3 661 pour 3 795 stations de traitement des eaux usées, en effet certaines agglomérations sont composites et comportent plusieurs stations. Elles représentent une charge polluante de 73 millions d'Eh.

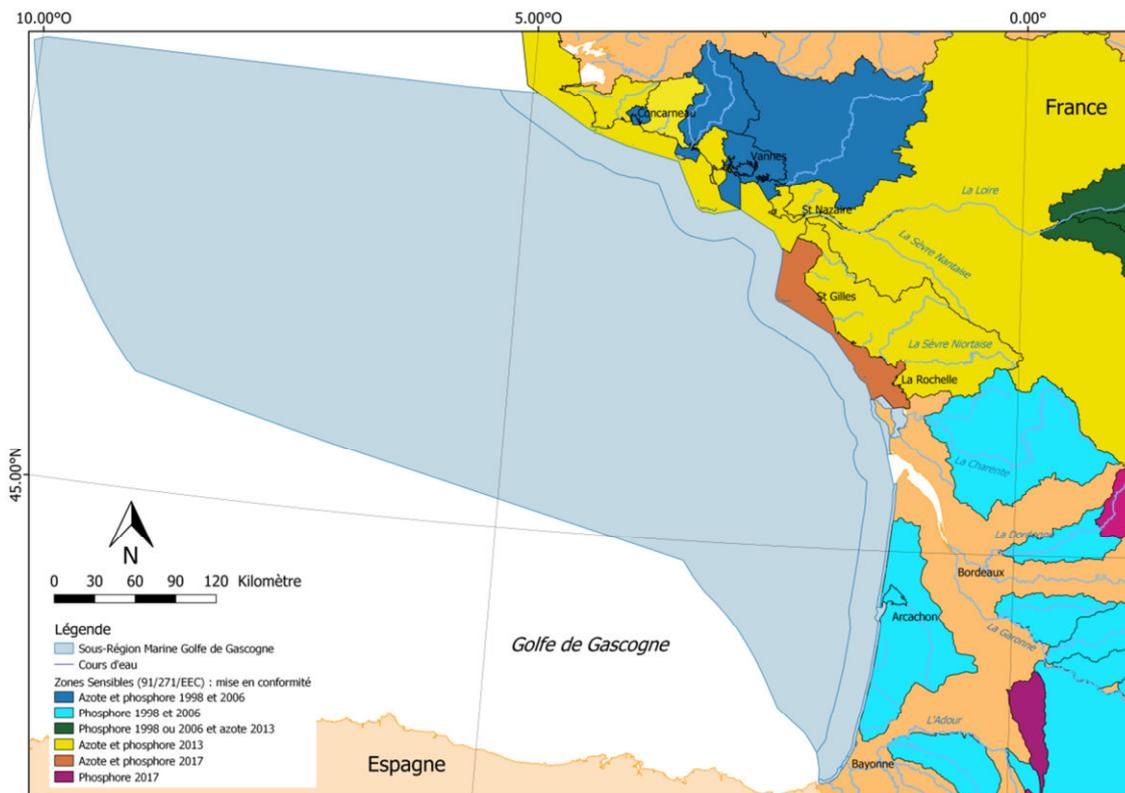


Figure 84. Localisation des zones sensibles à l'eutrophisation selon la directive sur le traitement des eaux urbaines résiduaires (91/271/EEC). Les différentes échéances pour la mise en conformité des stations d'épuration se trouvant dans les régions hydrographique de la SRM GdG sont également renseignées. Source : Ifremer, Sandre.

Au regard de cette directive toutes les zones de la façade GdG, MEC de la DCE y compris ont été qualifiées de sensible aux nitrates et phosphates (Ar. du 22/02/2006) et ont requis un traitement vis-à-vis de leur rejet (Figure 84). Les dernières mises en conformité dans le cadre de la directive (baisse de 70-80 % la concentration en azote total Kjeldahl entre l'entrée et la sortie pour obtenir au moins $10-15 \text{ mg.l}^{-1}$, baisse de 80 % la concentration en phosphore total entre l'entrée et la sortie pour obtenir au moins $1-2 \text{ mg.l}^{-1}$ inscrit dans la directive 98/15/CE) devaient être effectuées en 2017 (Figure 84). Ainsi quelques zones côtières restent encore sensibles à l'azote et au phosphate en 2017 (côte allant de la Loire jusqu'à l'île d'Oléron) ce qui est peut-être à mettre en lien avec le déclassement de ces masses d'eau vis-à-vis des nutriments.

Note : Il existe trois types de traitement requis par la directive:

- Le traitement "primaire" qui permet de traiter le carbone et les matières en suspension selon un procédé physique et/ou chimique ;
- Le traitement "secondaire" ou "approprié" qui permet de traiter le carbone et les matières en suspension de manière plus poussée, selon un procédé comprenant généralement un traitement biologique. Il est obligatoire pour les agglomérations d'assainissement de plus de 2000 Eh ;
- Le traitement dit "plus rigoureux" dont l'objectif est de traiter l'azote ou le phosphore. Il est obligatoire pour les agglomérations d'assainissement de plus de 10 000 Eh qui rejettent des eaux usées en zone sensible à l'eutrophisation.

6.5.2. Apports atmosphériques

L'évaluation DCSMM de 2012 ayant démontré que les apports atmosphériques en phosphates sont négligeables par rapports aux apports d'autres sources, à part pendant la période estivale et lors d'épisodes de fortes précipitations, seuls les apports atmosphériques en azote seront traités.

Même s'ils représentent une source d'apport plus faible en nutriments que les cours d'eaux et les apports diffus, les apports atmosphériques ont été estimées pouvant représenter jusqu'à 20 % des apports totaux en azote en mer sur des données calculé entre 1995 et 2008 (Devreker et Lefebvre, 2016⁵²).

Les données de retombées atmosphériques en azote sont calculées à partir des données d'émissions couplées avec un modèle de transport chimique atmosphérique. Les données d'émission sont issues du programme EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme), Programme coopératif de surveillance continue et d'évaluation de la transmission des polluants atmosphériques à longue distance en Europe, mis en place suite à la convention sur la pollution atmosphérique en 1979. De plus amples informations sur le fonctionnement du programme EMEP peuvent être trouvées sur la page web du programme : http://emep.int/emep_overview.html.

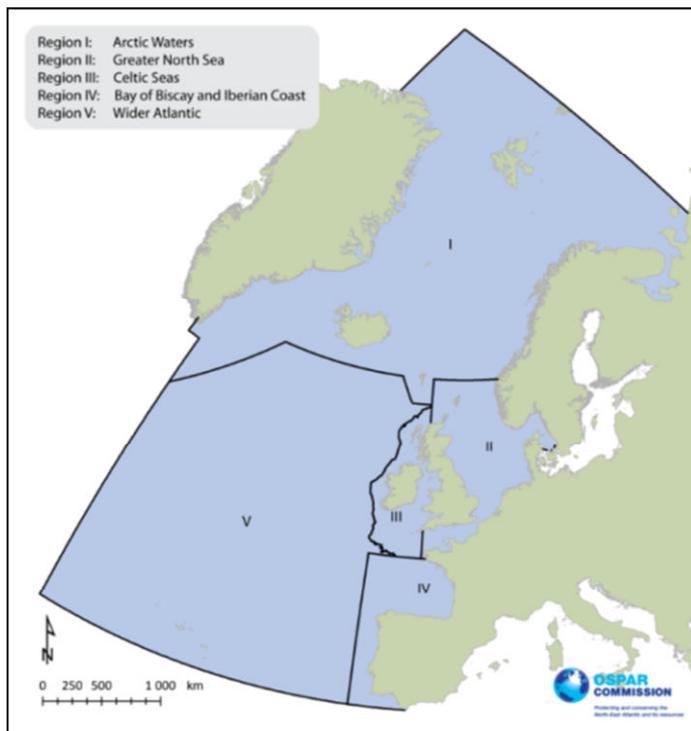


Figure 85. Carte des régions OSPAR (repris du rapport EMEP⁶⁴).

Plus récemment (les mesures s'étendant jusque 2014) le rapport du programme EMEP⁶⁴ a montré une stabilisation des apports annuels atmosphériques en azote dans la région IV d'OSPAR (la SRM DCSMM GdG fait partie de la région IV d'OSPAR, figure 85), autour de 150 kT / an depuis 2008, tandis qu'ils étaient autour de 200 kT/an entre 1995 et 2007 (Figure 86A). Les sources d'émission d'azote atmosphérique peuvent être déterminées par la nature de la forme azotée, les formes d'azote réduit (NH_3) étant prépondérantes en agriculture et les formes d'azote oxydé (NO_x) étant issues de la combustion par les transports et l'activité industrielle. Ainsi, si elle était de 65 % dans les années 1990 et 2000, la part de l'azote oxydé en région IV a été réduite à près de 55 % dans les années 2010 (Figure 86B). Il est à noter que la France est le premier contributeur en apports azotés dans la région IV OSPAR, avec 28 % des dépôts totaux annuels en azote pour la période 2005-2014.

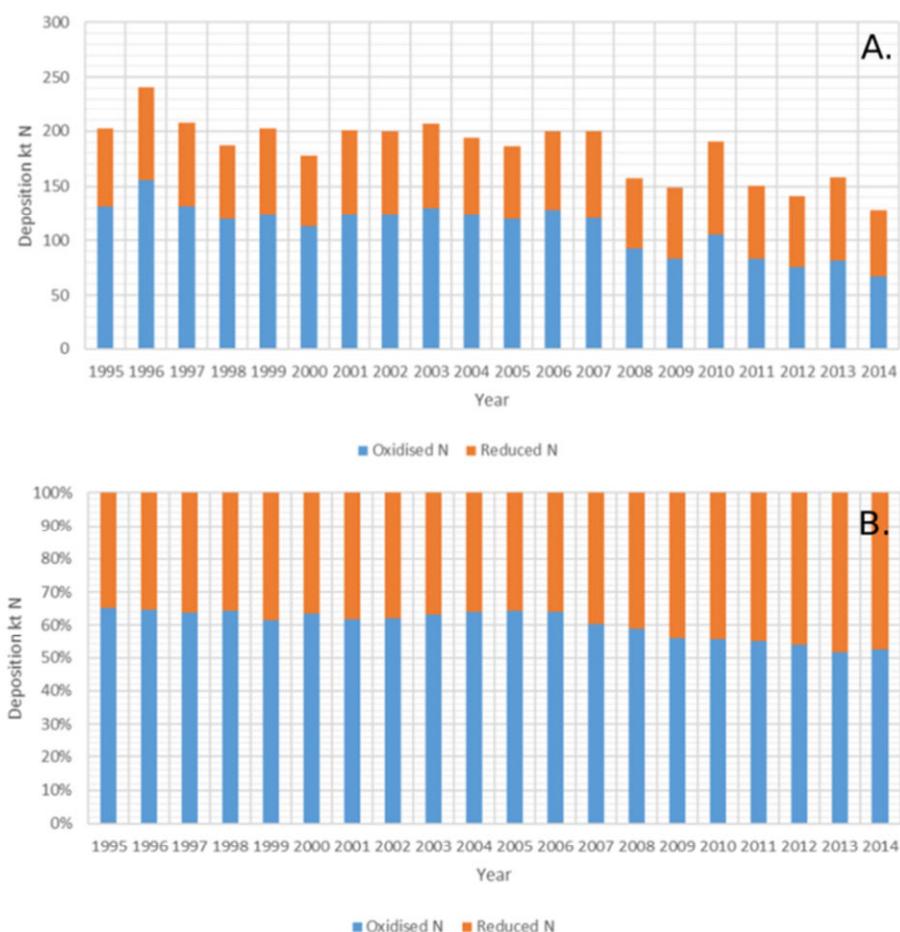


Figure 86. A. Evolution temporelle des dépôts en kt N/an d'azote oxydé et réduit en région OSPAR IV. B. Evolution temporelle du pourcentage d'azote oxydé et d'azote réduit dans les dépôts d'azote en région OSPAR IV. Repris du rapport EMEP⁶⁴.

Si l'origine des NH_3 émis par la France est à 99 % d'origine agricole (Figure 87A) avec un flux d'émission constant depuis les années 80 à ~700-800 kt/an, le NO_2 émis par la France possède pour sa part des origines bien différenciées ; plus de 50 % provenant des transports routiers, ~25 % de la combustion industrielle et ~15 % des transports par navigation. A noter que la quantité globale de NO_2 émis est en nette diminution depuis le début des années 80 (Figure 87B).

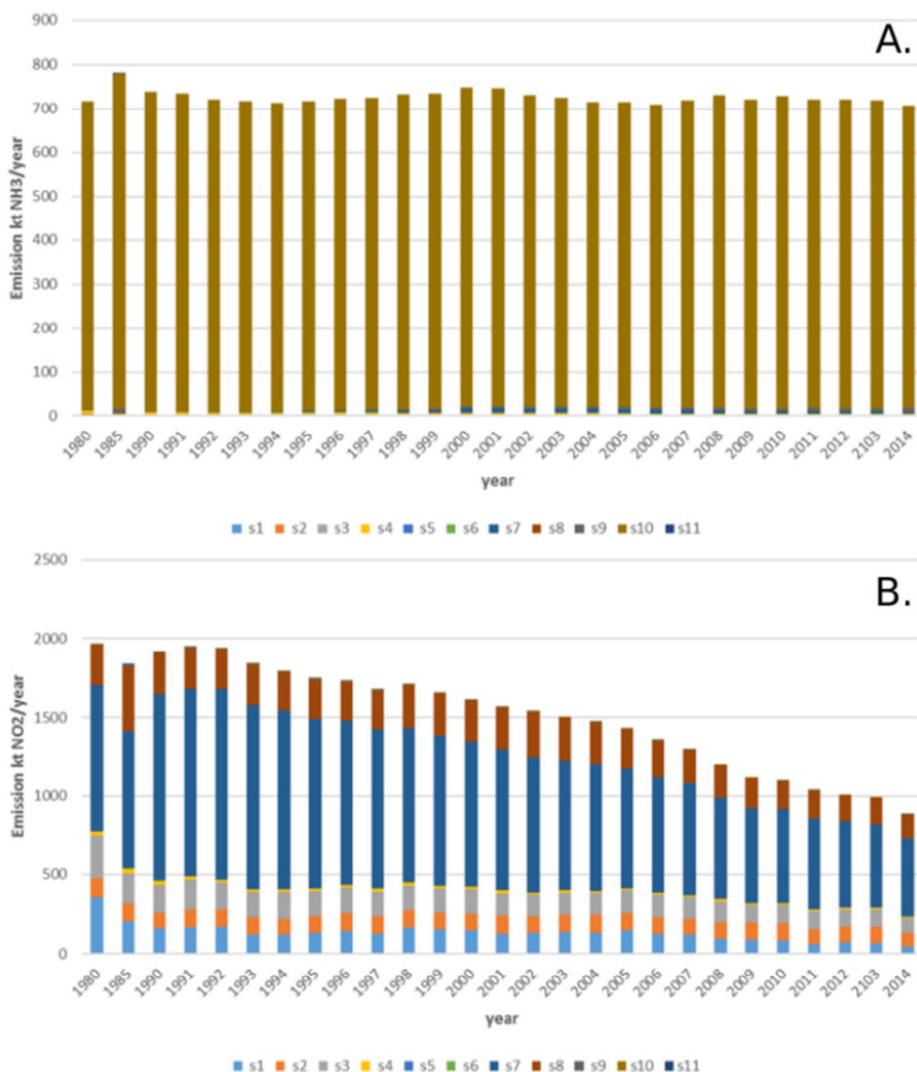


Figure 87. A. Origine des émissions d'azote réduit et B. Origine des émissions d'azote oxydé dans l'atmosphère par secteur d'activité en France. Secteur 1 : Combustion dans l'industrie de l'énergie et de la transformation ; Secteur 2 : Centrale de combustion non-industrielles; Secteur 3 : Combustion dans l'industrie de manufacture ; Secteur 4 : Processus de production; Secteur 5: Extraction et distribution d'énergies fossiles et géothermiques; Secteur 6 : Utilisation de solvant et d'autres produits chimiques; Secteur 7 : Transport routier; Secteur 8 : Autres sources de transport (incluant le trafic maritime); Secteur 9 : Traitement des déchets; Secteur 10 : Agriculture; Secteur 11: Autres sources.

6.5.3. Transports transfrontaliers hydrodynamique

Les nutriments en provenance des bassins-versants gagnent les eaux côtières et sont transportés sur de longues distances au gré de la circulation marine. Les efforts de gestion menés sur les rivières doivent être entrepris en fonction de leur impact sur la production locale. Cette problématique est délicate en cas d'apports en provenance de plusieurs sources. Connaître l'origine de l'azote intégré dans la biomasse planctonique présente l'intérêt de pouvoir déterminer quels sont les rejets fluviaux sur lesquels doivent être portés les efforts de réduction de flux.

Il n'y a malheureusement pas d'évaluation de la participation de ce phénomène de transport transfrontalier au processus d'eutrophisation observé pour la SRM GdG pour la période 2010-2016. Toutefois des travaux antérieurs ont été menés sur de tels phénomènes (projet EMoSEM²² sur la période 2000-2010 et OSPAR 2009⁶⁵) permettant d'estimer qualitativement les impacts de ce phénomène.

Les résultats du projet EMoSEM concernant la façade française Atlantique montre que l'ensemble des cours d'eau de la SRM GdG, la Loire en tête, fournissent autour de 50 % des besoins en nutriments du phytoplancton dans une zone similaire à la moitié nord de la zone intermédiaire de la SRM GdG (Figure 88). L'azote ne semble pas s'exporter pas vers le plateau du GdG (partir ouest de la SRM), où les apports sont plutôt d'origine atmosphérique et surtout océanique à plus de 75 % (Figure 89). Une partie de l'azote exporté par ces cours d'eau se retrouve au niveau de la Manche Occidentale et au niveau de la zone large de la Manche Orientale.

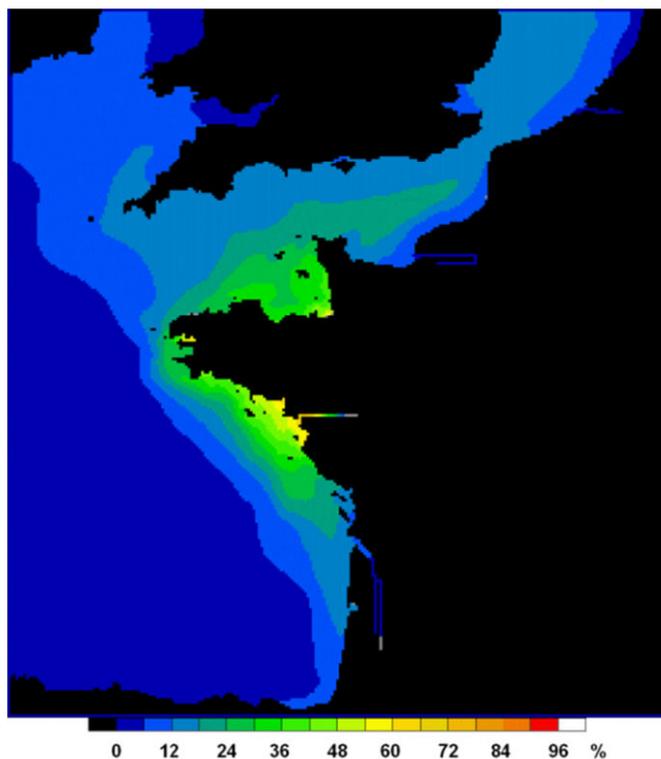


Figure 88. Contribution relative (%) des rivières de la façade GdG à la composition en azote du phytoplancton marin de surface. Moyenne sur la période 2000-2010. Extrait du rapport EMoSEM²².

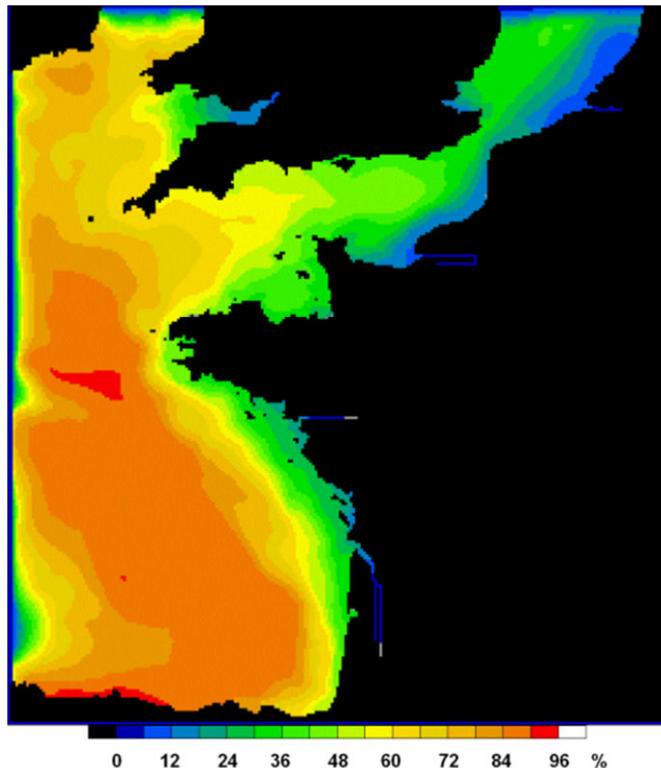


Figure 89. Contribution relative (%) du DIN océanique à la composition en azote du phytoplancton marin de surface, moyenne sur la période de croissance de 2000 à 2010. Extrait du rapport EMoSEM²².

6.6. Discussion sur les résultats de la SRM GdG

6.6.1. Bilan des résultats de l'évaluation initiale 2018 et comparaison avec l'évaluation initiale 2012.

Pour répondre aux besoins d'évaluation de l'état d'eutrophisation dans le cadre de la DCSMM, un protocole a été mis en place à l'échelle nationale, depuis la collecte de données issues de réseau de surveillance terrain ou de produits issus des images satellites ou de la modélisation jusqu'à la mise au point de méthodologie d'agrégation et d'intégration pour synthétiser la masse d'information disponible et finalement en définir le bon état ou non des masses d'eau à l'échelle national pour les différentes SRM.

Les résultats obtenus à l'issue de l'application de cette méthodologie complexe montre qu'à l'échelle du Golfe de Gascogne, l'eutrophisation ne pose problème que très localement, au niveau de quelques MEC ainsi qu'en sortie d'estuaire de Loire et de Gironde. A la lecture des résultats par critère il apparaît que ce problème d'eutrophisation est le fruit des échouages d'algues opportunistes du genre *Ulva* pour les MEC, et de l'action combinée des nutriments, de la chlorophylle-*a* et /ou de la turbidité en sortie d'estuaire.

La proximité de zones classées sensibles à l'azote selon la directive nitrate (91/676/CEE) pourrait expliquer la présence d'apport important en nitrates (donc dû en partie à l'agriculture) même si on pourrait s'attendre à de plus forte diminution de fait de la mise en place de mesures dans le cadre de cette directive (qui est plutôt à but sanitaire et non écologique). Les apports liés aux rejets urbains, même s'ils sont difficilement quantifiables, semblent un peu plus maîtrisés du fait de la mise en conformité des stations d'épuration en fonction de la taille des zones urbaines. Malheureusement, sur les 3 MEC dégradées par les algues opportunistes, 2 n'ont pas été évaluées pour les nutriments et la 3^{ème} n'est pas dégradée par les nutriments. Finalement il semblerait que le lien entre apports en nutriments (particulièrement en nitrates) et développement des algues opportuniste ne soit pas directement visible au travers de l'évaluation DCSMM.

En comparaison avec la précédente évaluation initiale de 2012⁶⁸ (début du premier cycle du PAMM), qui faisait un état des lieux et une analyse de la qualité écologique par paramètre des eaux françaises, des changements sont à noter. Les zones d'échouage de macrophytes opportunistes et les zones de forte production primaire sont localisées approximativement aux mêmes endroits que celles qui avaient conduit la première évaluation à classer 9 zones de la SRM GdG comme zone à enjeux vis-à-vis de l'eutrophisation (Figure 90) :

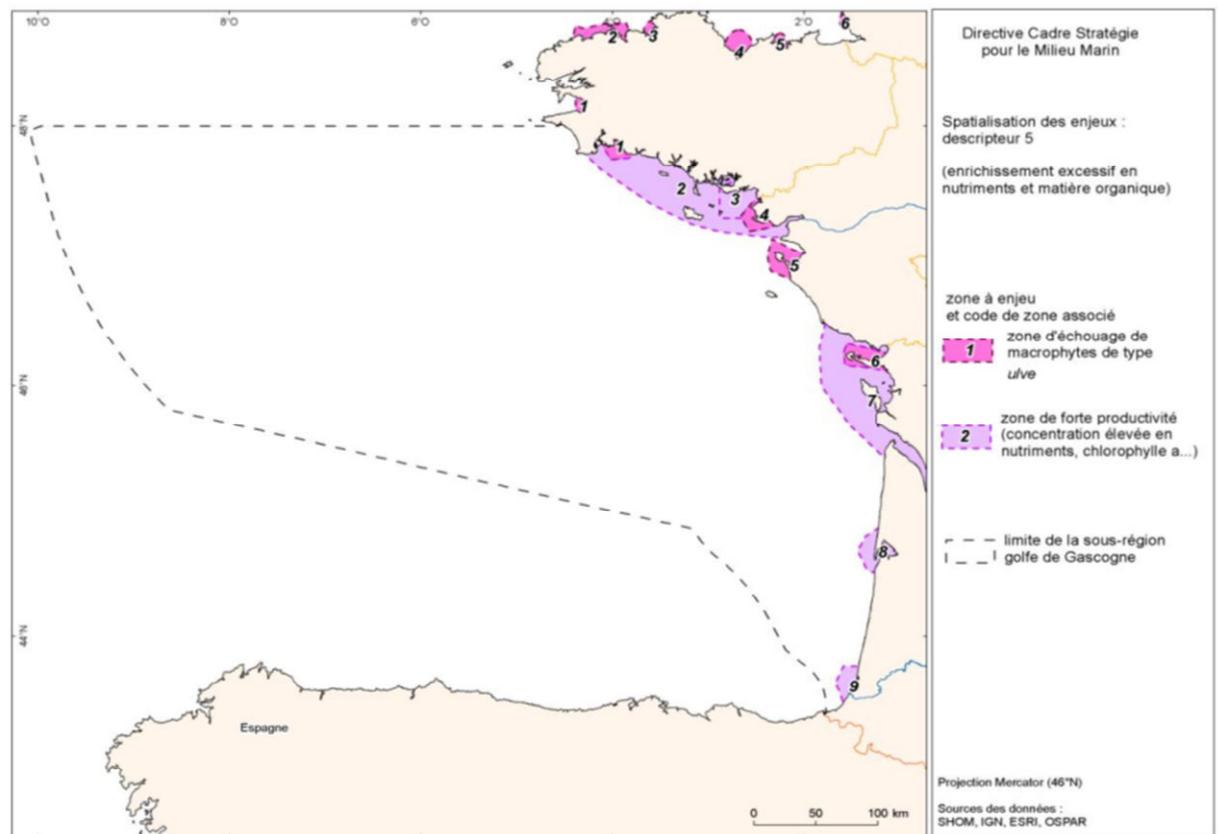


Figure 90. Zones à enjeux pour l'eutrophisation en Golfe de Gascogne. Extrait du rapport de l'atelier de synthèse de l'évaluation initiale 2012.

- Zone 2 : zone de forte productivité du panache de la Baie de Vilaine et de la Loire.
- Zone 7 : zone de forte productivité sous influence de la Gironde
- Zone 8 : zone de forte productivité du bassin d'Arcachon
- Zone 9 : zone de forte productivité sous influence de l'Adour
- Zone 1, 3 à 6 : zone d'échouage d'algues opportunistes : Baie de Concarneau (1), Baie de Vilaine (3), Nord de la Loire (4), île de Noirmoutier (5) et île de Ré (6).

La présente évaluation ne déclassé qu'une petite partie des zones 2 et 7 et la MEC correspondant à la zone 1. Selon le protocole de classification mis en place dans la présente évaluation cela représente 0,4 % de la SRM GdG qui a été classé comme n'ayant pas atteint le BEE vis-à-vis du descripteur 5. Cette superficie semble beaucoup moins importante que ce qui avait été évalué en 2012 qui était alors plus proche des 5 % (Figure 90).

L'absence de problème d'eutrophisation dans l'évaluation 2018 au niveau du Pays Basque et du bassin d'Arcachon peut être due à la tendance à la diminution des flux en nutriments observée au niveau des cours d'eau correspondant (l'Adour et le Leyre), ainsi que de ceux issus des apports atmosphériques, entraînant une diminution de la productivité phytoplanctonique au cours des dernières années.

Aucun problème d'oxygène et de turbidité n'a été détecté dans les 2 évaluations (nonobstant le problème de fiabilité du modèle ECO-MARS3D concernant l'estimation de l'oxygène au sud de la Loire, voir chapitre 6.3.4).

6.6.2. Justifications de non-utilisation d'un critère

Les critères non utilisés lors de l'évaluation du descripteur 5 en SRM GdG sont le D5C3 "Algues toxiques", le D5C1 "Phosphate inorganique dissous" à la côte, et le D5C8 "Macrofaune benthique".

Pour le D5C3 (critère secondaire) et le D5C1 (critère primaire) il n'a pas été possible de les utiliser à cause du manque de consensus sur la définition de seuils pertinents. Ceci devrait évoluer pour les prochains cycles de la DCSMM par la mise en place de groupes de travail dédiés, entre autre, à la définition de seuil pour les critères n'en disposant pas.

Pour le D5C8 (critère secondaire), l'indicateur AMBI utilisé dans le cadre de la DCE a été qualifié d'insatisfaisant pour répondre au besoin de la DCSMM. Il n'a donc pas été utilisé dans cette évaluation.

La non-utilisation des critères D5C6 et D5C7 en zones intermédiaire et large est dû à leur non pertinence. Les proliférations d'algues opportunistes ne s'expriment qu'au niveau côtier des eaux françaises à travers les phénomènes d'échouages. Les herbiers et macroalgues pérennes ne se développent pas sous une certaine profondeur (besoin de lumière), la profondeur étant généralement proportionnelle à l'éloignement de la côte la plupart de ces herbiers et population de macroalgues sont majoritairement situés en zone côtière.

6.6.3. Justification de non-utilisation des évaluations des indicateurs des Conventions des Mers Régionales

En ce qui concerne la SRM GdG une évaluation de l'état d'eutrophisation des masses d'eau a été réalisée en 2016 dans le cadre de la 3^{ème} application de la procédure Commune OSPAR (COMP3). Cette évaluation était basée sur les seules données disponibles à l'époque, les données côtières (équivalent de l'approche DCE dans la DCSMM). Cette approche a permis d'évaluer moins de 5 % de la SRM GdG. De plus certains indicateurs utilisés ne répondaient pas exactement aux besoins de la DCSMM tel que l'indicateur phycotoxine dont l'évaluation était basé sur des seuils de risques sanitaires pour l'Homme alors que l'évaluation de l'état d'eutrophisation dans le cadre de la DCSMM (et même OSPAR) se base plutôt sur des risques environnementaux plutôt que sanitaires.

On peut donc parler d'une amélioration depuis la COMP3 OSPAR puisque l'emprise de l'évaluation est passé de moins de 5 % à près de 100 % (grâce à l'utilisation des produits dérivés des images satellite et de la modélisation) en prenant en compte un nombre de paramètres plus important avec l'ajout des concentrations en phosphate au large et des herbiers et macroalgues pérennes à la côte et la prise en compte de la turbidité (en NTU et non en mètre).

La convention OSPAR publie également une évaluation intermédiaire à l'échelle des régions OSPAR (Figure 85) pour être en phase avec les évaluations produites dans le cadre de la DCSMM. Pour cela cette évaluation intermédiaire ne prend en compte que les paramètres environnementaux OSPAR correspondant aux critères primaires de la DCSMM, pour le descripteur 5 il s'agit donc des nutriments, de la chlorophylle-*a* et de

l'oxygène au fond de la colonne d'eau. La DCSMM recommande l'utilisation de tels travaux effectués dans le cadre des conventions régionales. Toutefois dans le cas de l'évaluation intermédiaire de 2017, les données *in situ* de concentrations en nutriments et en chlorophylle-*a* correspondant aux SRM françaises n'ont pas été prises en compte (l'évaluation intermédiaire de ces paramètres fait un focus sur la Mer du Nord). Seules les images satellite ont été utilisées pour rendre compte de la variabilité de la concentration en chlorophylle-*a* dans les eaux marines françaises, ce qui est déjà le cas, dans la présente évaluation. De plus les échelles de rapportage et les UGE utilisées dans le cadre de ces évaluations (régions OSPAR) ne correspondent pas à celles définies dans le cadre de la DCSMM (SRM).

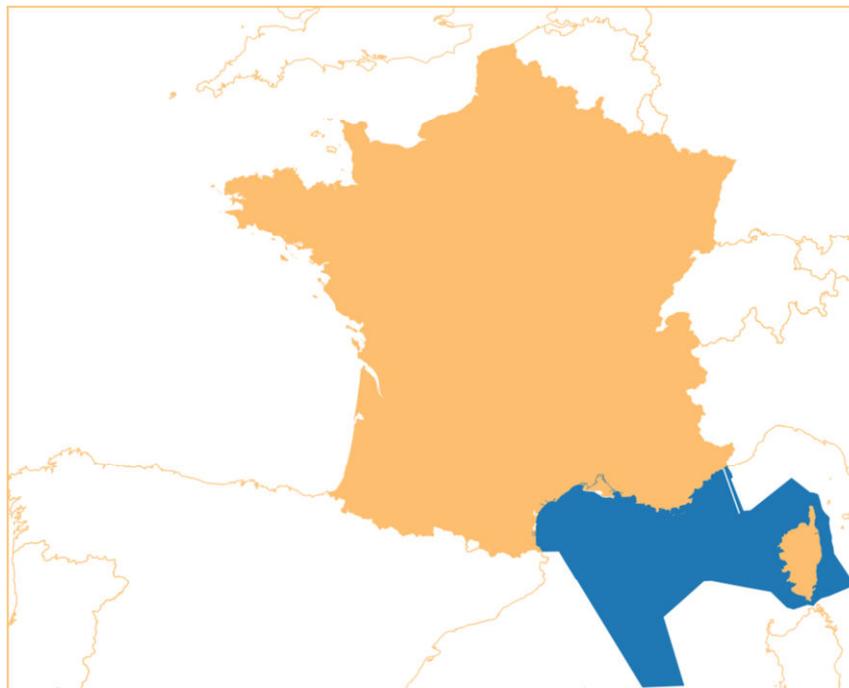
6.7. Conclusion sur les résultats de la SRM GdG

Les efforts entrepris pour répondre la plus étroitement possible aux besoins de la DCSMM en termes d'évaluation de l'état d'eutrophisation des eaux françaises ont conduit à une très nette amélioration de la qualité de l'évaluation (en termes d'emprise spatiale et de nombre de critères utilisés) comparativement à l'évaluation précédente et même par rapport à la COMP3 d'OSPAR réalisé seulement 2 ans plus tôt. Cela nous a conduits à définir des zones précises où l'eutrophisation pose un problème et où les efforts, en termes de mesure à mettre en place, pourront se concentrer. Ces zones, très côtières, représentent toutefois moins de 1 % de la superficie de la SRM. Des améliorations restent à apporter, notamment sur la définition des seuils, autant à la côte qu'au large, sur l'harmonisation des évaluations côte-large. Il faudra également assurer à la pérennisation de certains outils numériques (traitement des images satellite et modélisation) à long terme sous peine de voir le fruit de tous ces efforts disparaître lors des prochains cycles DCSMM.

Messages forts :

- Fruit de collaborations aussi bien à l'échelle locale qu'à l'échelle européenne (OSPAR)
- 1 % de la superficie de la SRM GdG en Non BEE pour le descripteur 5
- 99 % de la superficie de la SRM GdG évaluée
- Nette amélioration de la qualité de l'évaluation DCSMM depuis le 1^{er} Cycle et la COMP3 OSPAR
- Encore des progrès à faire sur la définition des seuils
- Besoin impératif de pérenniser et d'améliorer les systèmes d'acquisition de données comme les produits dérivés des images satellite et la modélisation.

7. Évaluation du descripteur 5 pour la SRM MO



7.1. Éléments considérés pour l'évaluation du D5 dans la SRM MO

Les éléments qui ont été utilisés pour effectuer l'évaluation du descripteur 5 sont ceux pour lesquels des données ont été identifiées et pour lesquels un seuil a pu être calculé. Pour la SRM Méditerranée Occidentale, ces éléments ont été listés dans le chapitre 3.3.9 et le tableau 19 ; ce sont :

- la concentration en nitrate pour le large,
- la concentration en PID (phosphate inorganique dissous) pour le large,
- la concentration en chlorophylle-*a*,
- la transparence de l'eau (en NTU),
- la concentration en oxygène dissous en surface,
- les herbiers et macroalgues pérennes (non pertinent au large).

A part le D5C1 en zone côtière, tous les critères primaires sont ainsi évalués dans l'ensemble de la SRM MO.

Le critère secondaire "macrofaune benthique" ne sera pas renseigné ici en raison de la faible pertinence de son indicateur (voir chapitre 3.3.8).

Le critère secondaire "algues nuisibles" ne sera pas non plus présenté du fait d'un manque de consensus sur l'établissement de seuils adaptés à chaque groupe d'espèce nuisible (voir chapitre 3.3.3).

Le critère secondaire "algues opportunistes" ne sera pas évaluée car il n'est pas pertinent en méditerranée.

7.2. Données utilisées pour l'évaluation du descripteur 5 en MO

7.2.1. Réseaux côtiers

7.2.1.1. Données utilisées

Les données chlorophylle-*a* (D5C2), turbidité (D5C4) et oxygène (D5C5) utilisées pour l'évaluation à la côte (< 1 mn) sont mesurées par le biais du réseau national REPHY (Figure 69), comprenant le réseau régional RLM, aux périodes et fréquences présentées dans le tableau 17. Certains points du réseau REPHY sont en voie de labellisation dans le cadre des Systèmes Nationaux d'Observation (SNO, Figure 69). Pour la SRM MO ces points sont : Barcarès et Sète.



Figure 91. Points de prélèvements de la sous-région marine Méditerranée Occidentale utilisées pour effectuer l'évaluation des critères D5C2, D5C4 et D5C5 à la côte. Les étoiles représentent les points labellisés du Système National d'Observation (SNO) pour lesquels les tendances temporelles du paramètre chlorophylle-*a* ont été analysées. Source : Ifremer, DEB.

Une analyse des évolutions temporelles sera effectuée sur ces points labellisés en ce qui concerne le paramètre concentration en chlorophylle-*a* pour rendre compte de son évolution avant et pendant la période d'évaluation. Cette analyse a été faite *via* un test non paramétrique Mann-Kendall saisonnier⁵⁴⁻⁵⁵ associé à un lissage LOESS⁵⁶ pour observer plus finement les cassures de tendance dans les séries temporelles. Ces tests ont été exécutés *via* l'interface d'analyse de tendance temporelle "TTAinterface"⁵⁷ développé en langage R.

Les données mesurées dans le cadre du REPHY sont stockées dans la base Quadrigé² d'où elles sont directement extraites pour alimenter le calcul des indicateurs DCSMM

via des scripts développés par le service VIGIES de l'Ifremer. D'autres sources de données existent (RESOMAR, SISMER, CORIOLIS) et ont été rendues disponibles pour l'évaluation 2018, mais leur format étant différent de celui utilisé dans le cadre des routines de calcul de la DCE, leur utilisation n'a pas été possible pour cette évaluation. Les données ont été extraites sur la période 2010 - 2015 pour le calcul des indicateurs.

Toutes les données utilisées actuellement pour calculer les indices basés sur les communautés de macroalgues et herbiers pérennes (D5C7) dans le cadre de la DCE proviennent de la surveillance REBENT-DCE. Les données n'ont été qu'en partie bancarisées dans Quadrige², et donc par défaut de centralisation, chaque laboratoire responsable des MEC de sa façade effectue le calcul de cet indicateur sur ses MEC ; les résultats de ces évaluations sont ensuite centralisés dans le cadre de la DCE puis adaptés pour les besoins de la DCSMM. La base de données RESOMAR Benthos a également été identifiée comme source potentielle de données. Toutefois, la base de données du RESOMAR n'étant pas disponible dans un format compatible avec les routines R de calcul de l'évaluation, elle ne sera pas utilisée pour l'évaluation DCSMM 2018.

7.2.2. Données des zones intermédiaire et large

Pour la zone intermédiaire et le large, les données nutriments (nitrate et PID) et oxygène sont issues du modèle hydrodynamique 3DVAR-OGSTM-BFM qui fournit des données mensuelles pour la période 2010-2014. Le protocole d'extraction et de calcul ainsi que les caractéristiques de ces données sont détaillés dans le chapitre 3.4. Pour la SRM MO, cela représente 60 fichiers rasters contenant chacun 3 068 données pour un total de ~184 000 données par nutriment ayant servi à effectuer l'évaluation du D5C1 pour la période 2010-2014. A noter que pour l'oxygène il s'agit de données de surface et non de fond comme définit dans la Décision 2017/848/UE pour le D5C5.

Les données de chlorophylle-*a* et transparence sont issues des produits dérivés des images satellites journalières. Le protocole d'extraction et de calcul ainsi que les caractéristiques de ces données sont détaillés dans le chapitre 3.4. Pour la SRM MO, cela représente 1 704 et 2 535 fichiers rasters, pour la turbidité et la chlorophylle-*a* respectivement, contenant chacun 79 909 pixels pour un maximum de ~202 500 000 et ~136 000 000 données pouvant servir à effectuer l'évaluation du D5C4 et du D5C2 en zones intermédiaire et large pour la période 2010-2016. Toutefois ce nombre ne prend pas en compte les pixels inexploitable à cause des couvertures nuageuses; le nombre réel de données exploitées pour l'évaluation sera donné dans le chapitre suivant.

7.3. Résultats de l'évaluation par critère pour la SRM MO

Les résultats de l'évaluation seront d'abord présentés sous forme de synthèses cartographiques et commentés par critère puis pour le descripteur 5 dans son ensemble. Les résultats numériques par indicateurs sont donnés en annexe 11.3.

7.3.1. D5C1 : Concentration en nutriments dans la colonne d'eau

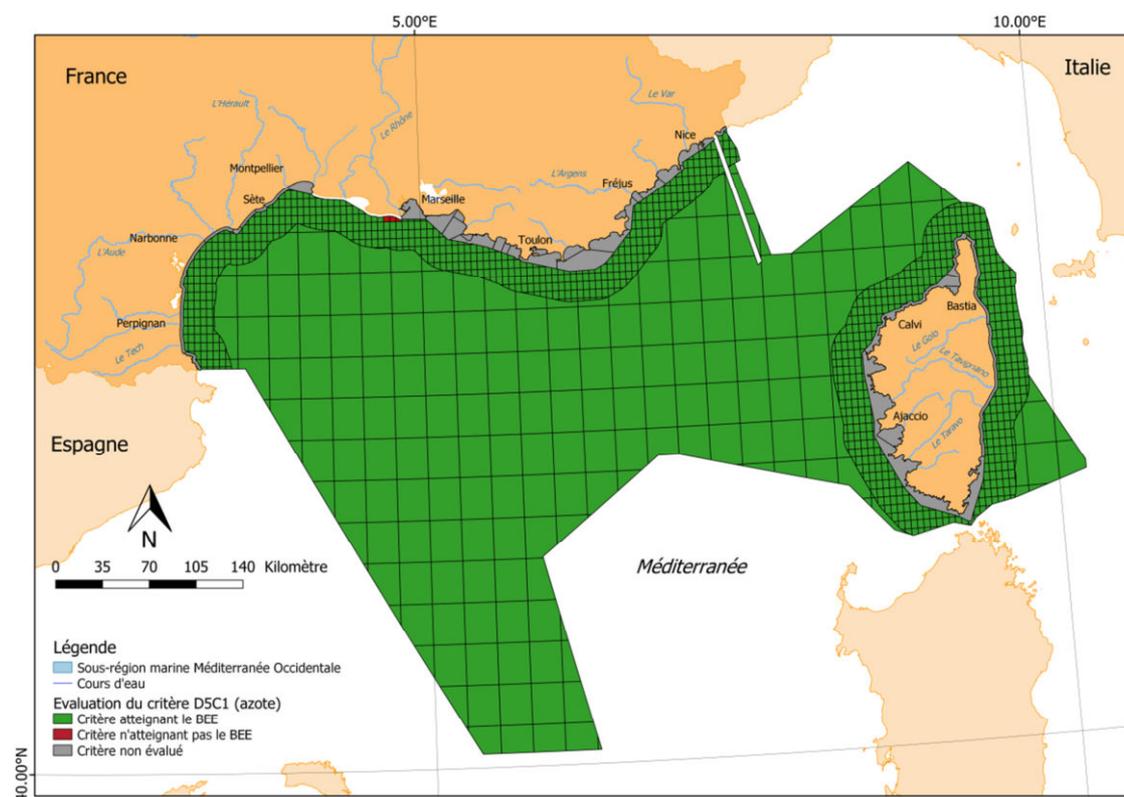


Figure 92A. Évaluation du critère D5C1 (éléments nitrate en zones intermédiaire et large) dans la sous-région marine Méditerranée Occidentale. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données.

Le critère D5C1 n'a pas été évalué en zone côtière (Figure 92A et Figure 92B).

L'évaluation de l'état du critère D5C1 montre que la zone large n'est pas déclassée vis-à-vis des éléments nitrate et PID (Figure 92A et Figure 92B).

La zone intermédiaire montre une petite zone déclassée pour les nitrates, en face de l'embouchure du Rhône (Figure 92A). Cette zone représente 36 km² (0,2 % de la zone intermédiaire, Tableau 41). Pour les PID, la zone intermédiaire n'est pas déclassée.

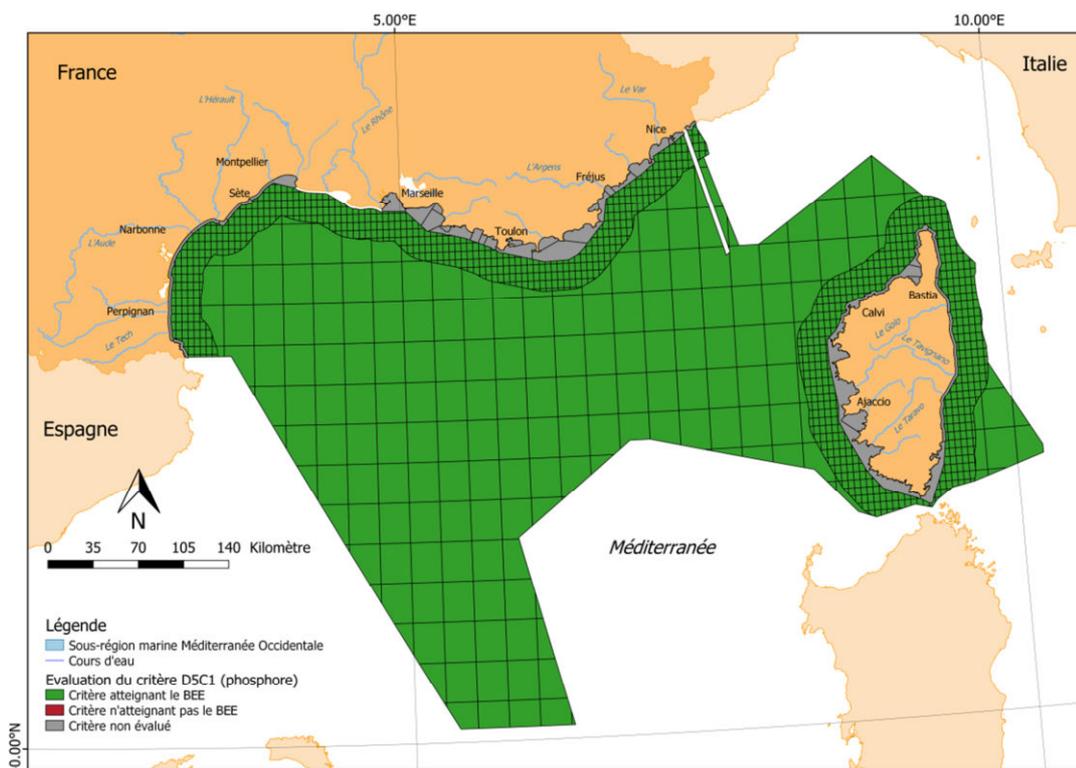


Figure 92B. Évaluation du critère D5C1 (élément PID) dans la sous-région marine Golfe de Gascogne. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données.

Près de 96 % de la SRM a été évaluée numériquement vis-à-vis de l'azote et des PID (Tableau 41). La superficie de la SRM MO n'ayant pas atteint le BEE est de 36 km² pour l'azote (< 0,1 % de la SRM, Tableau 41) ; toute la SRM est en bon état pour les PID.

Pour la zone intermédiaire et large 184 080 données de concentration en nitrate et autant pour les PID ont été extraites du modèle 3DVAR-OGSTM-BFM pour effectuer l'évaluation entre 2010 et 2014.

Tableau 41A. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine MO dans les différents états écologiques à l'issu de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C1 (élément azote).

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	0	0	4 631
	%	0	0	100
Intermédiaire	Superficie	19 715	36	0
	%	99,8	0,2	0
Large	Superficie	86 668	0	0
	%	100	0	0
SRM	Superficie	106 383	36	4 631
	%	95,8	0,0	4

Tableau 41B. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine MO dans les différents états écologiques à l'issu de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C1 (élément phosphore).

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	0	0	4 631
	%	0	0	100
Intermédiaire	Superficie	19 751	0	0
	%	100	0	0
Large	Superficie	86 668	0	0
	%	100	0	0
SRM	Superficie	106 419	0	4 631
	%	95,8	0,0	4,2

7.3.2. D5C2 : Concentration en chlorophylle-*a* dans la colonne d'eau

7.3.2.1. Cartographie

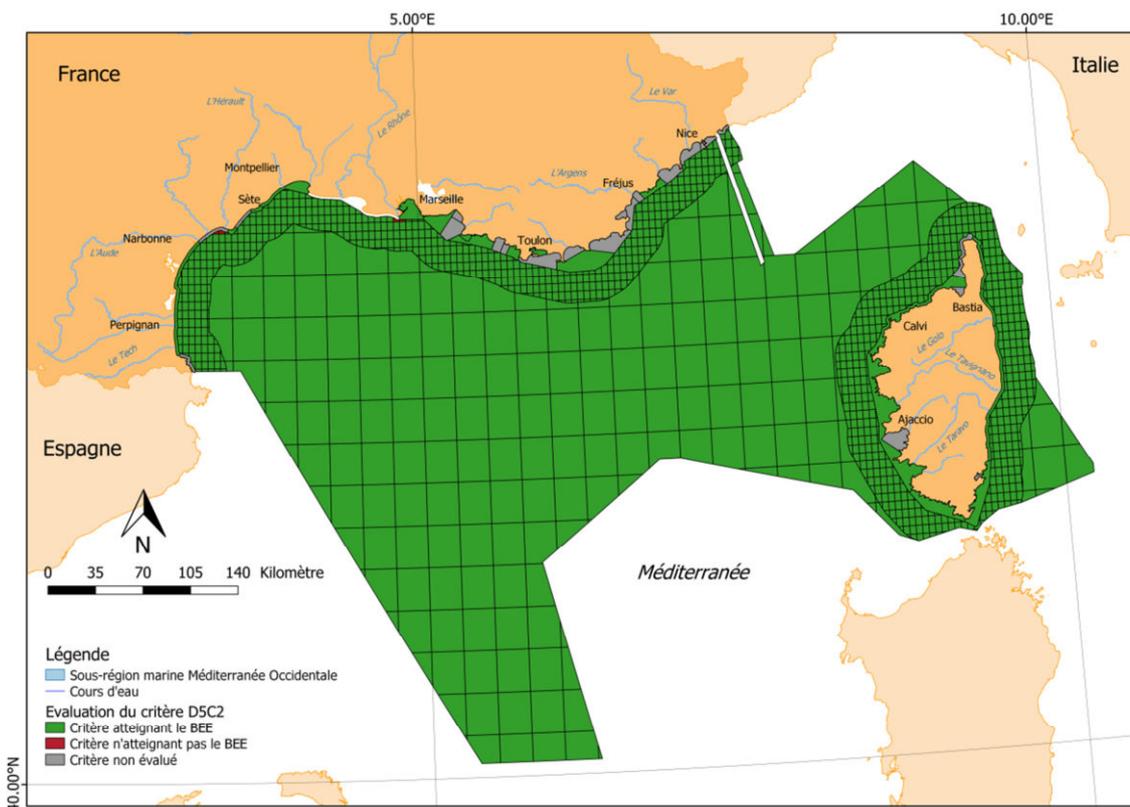


Figure 93. Évaluation du critère D5C2 dans la sous-région marine Méditerranée Occidentale. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données.

L'évaluation de l'état du critère D5C2 montre que les zones côtière et large ne sont pas déclassées vis-à-vis de la chlorophylle-*a* (Figure 93).

La zone intermédiaire montre deux petites zones déclassées à l'embouchure du Rhône et proche de la côte dans le Golfe du Lion (Figure 93). Ces zones représentent chacune 16 km² soit 0,15 % de la zone intermédiaire de la SRM (Tableau 42).

Sur les 46 MEC DCE de la zone côtière, 26 n'ont pas été évaluées (1 524 km² = 33 % de la zone côtière de la SRM, Tableau 42) et 20 n'ont pas été déclassées (3 108 km² = 67 % de la zone côtière de la SRM, Tableau 42).

Ainsi, 98,6 % de la SRM a été évaluée vis-à-vis du D5C2 : 32 km² de la SRM n'atteint pas le BEE, soit moins de 0,05 % de sa superficie (Tableau 42).

Toutes les masses d'eau côtières évaluées l'ont été avec une confiance proche de 100 % (probabilité que la masse d'eau atteigne ou n'atteigne effectivement pas le BEE).

Concernant la zone côtière, cette évaluation a été réalisée à partir d'un total de 741 données (~6 années de mesures mensuelles de chlorophylle-*a*). Pour les zones intermédiaire et large, 87 924 193 données de concentration en chlorophylle-*a* exploitables⁶⁰ ont été extraites des produits issus des images satellites pour effectuer l'évaluation entre 2010 et 2016.

Tableau 42. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine MO dans les différents états écologiques à l'issu de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C2.

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	3 108	0	1 524
	%	67	0	33
Intermédiaire	Superficie	19 725	32	0
	%	99,8	0,16	0
Large	Superficie	86 668	0	0
	%	100	0	0
SRM	Superficie	109 501	32	1 524
	%	98,6	0,03	1,37

7.3.2.2. Tendances temporelles

Les tendances temporelles de la variation de la concentration en chlorophylle-*a* ont été analysées avec le teste non paramétrique Mann-Kendall saisonnier sur deux points côtiers du réseau de surveillance REPHY labellisés dans le cadre du SNO (Figure 91 et Figure 94).

La concentration en chlorophylle-*a* mesurée sur le point Barcarès ne montre pas de tendance significative sur la période de mesure (1995 à 2016). Sur le point Sète, elle montre une tendance significative décroissante entre 2005 et 2011 puis une stabilisation (absence de tendance significative) jusqu'en 2016.

La concentration en chlorophylle-*a* varie entre 0,5 µg.l⁻¹ et 3-4 µg.l⁻¹ sur le point Barcarès et entre 0,5 µg.l⁻¹ et 5-6 µg.l⁻¹ sur le point Sète.

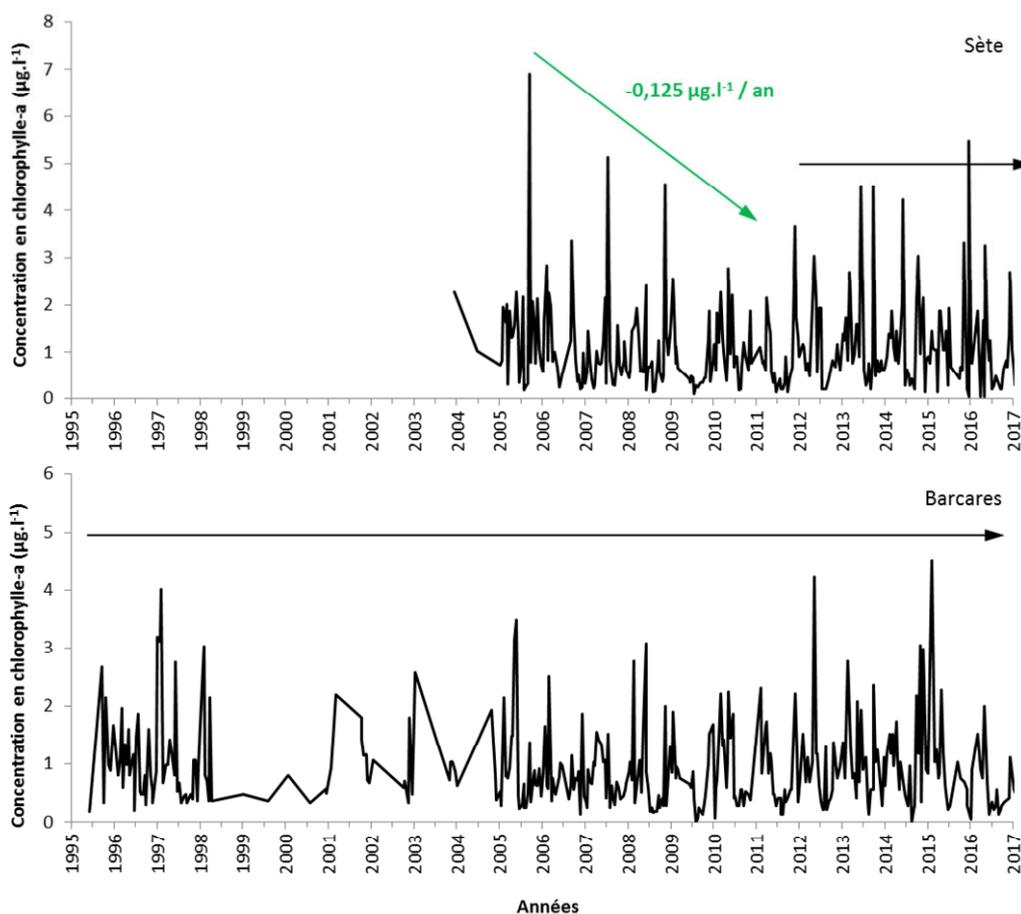


Figure 94. Variation de la concentration en chlorophylle-a sur les 3 points du réseau REPHY de la SRM MO labellisé dans le cadre du SNO. Les flèches et données en rouge montrent les tendances significatives à la hausse (test Mann-Kendal saisonnier et $p.\text{value} > 0,05$), les flèches et données en vert montrent les tendances significatives à la baisse et les flèches noires l'absence de tendance significative.

7.3.3. D5C4 : Transparence de la colonne d'eau

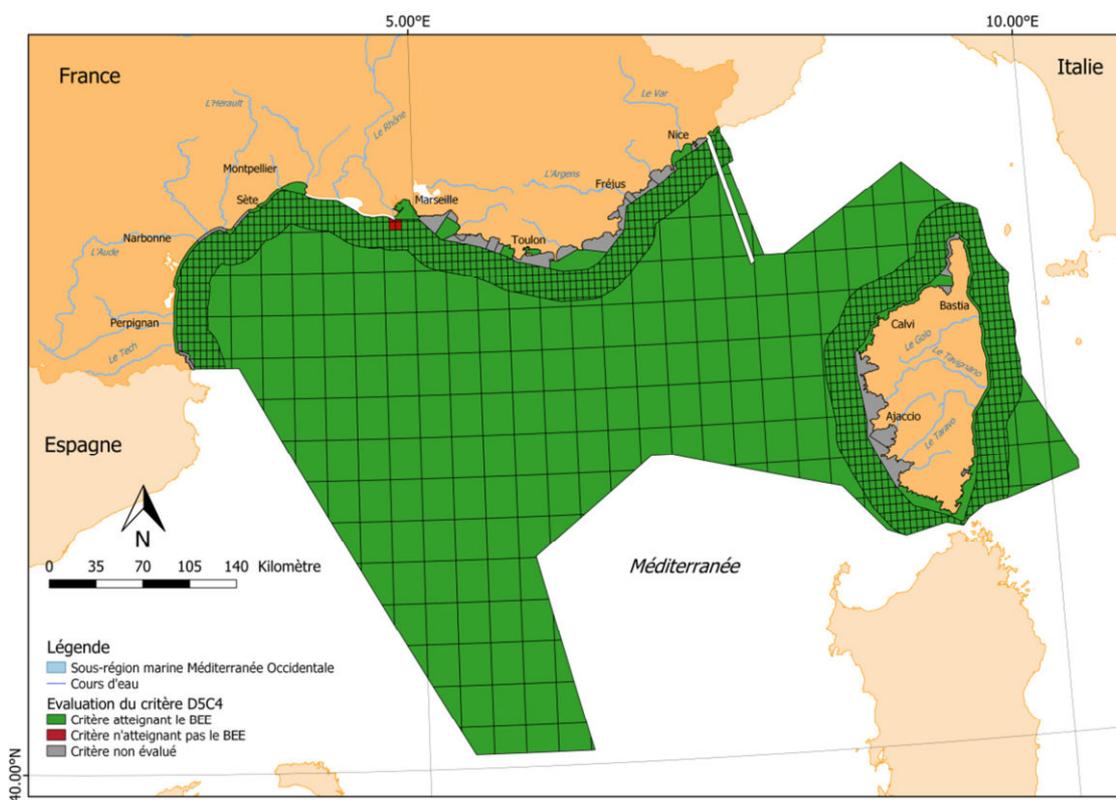


Figure 95. Évaluation du critère D5C4 dans la sous-région marine Méditerranée Occidentale. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données.

L'évaluation de l'état du critère D5C4 montre que les zones large et côtière de la SRM MO ne sont pas déclassées vis-à-vis de la turbidité (Figure 95).

Seule une petite partie de la zone intermédiaire, en face de l'embouchure du Rhône, est déclassée vis-à-vis de la turbidité. Elle représente 58 km² soit 0,3 % de la zone intermédiaire de la SRM (Tableau 43).

Sur les 46 MEC DCE de la SRM MO, 18 ont été évaluées comme étant non déclassées (2 259 km² = 49 % de la zone côtière de la SRM, Tableau 43) ; les autres MEC n'ont pas été évaluées.

Ainsi, près de 98 % de la SRM a été évaluée vis-à-vis du critère D5C4 et 0,05 % de sa superficie est déclassée vis-à-vis de la turbidité (Tableau 43).

Toutes les masses d'eau côtières évaluées l'ont été avec une confiance de l'estimation de 100 % (probabilité que la masse d'eau atteigne ou n'atteigne effectivement pas le BEE).

Concernant la zone côtière, cette évaluation a été réalisée à partir d'un total de 655 données (~6 années de mesures de turbidité mensuelles de mars à octobre). Pour les zones intermédiaire et large, 67 618 598 données de turbidité exploitables⁶⁰ ont été extraites des produits issus des images satellites pour effectuer l'évaluation entre 2010 et 2016.

Tableau 43. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine MO dans les différents états écologiques à l'issu de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C4.

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	2 259	0	2 372
	%	49	0	51
Intermédiaire	Superficie	19 699	58	0
	%	99,7	0,3	0
Large	Superficie	86 668	0	0
	%	100	0	0
SRM	Superficie	108 626	58	2 372
	%	97,8	0,05	2,1

7.3.4. D5C5 : Concentration en oxygène dissous de la colonne d'eau

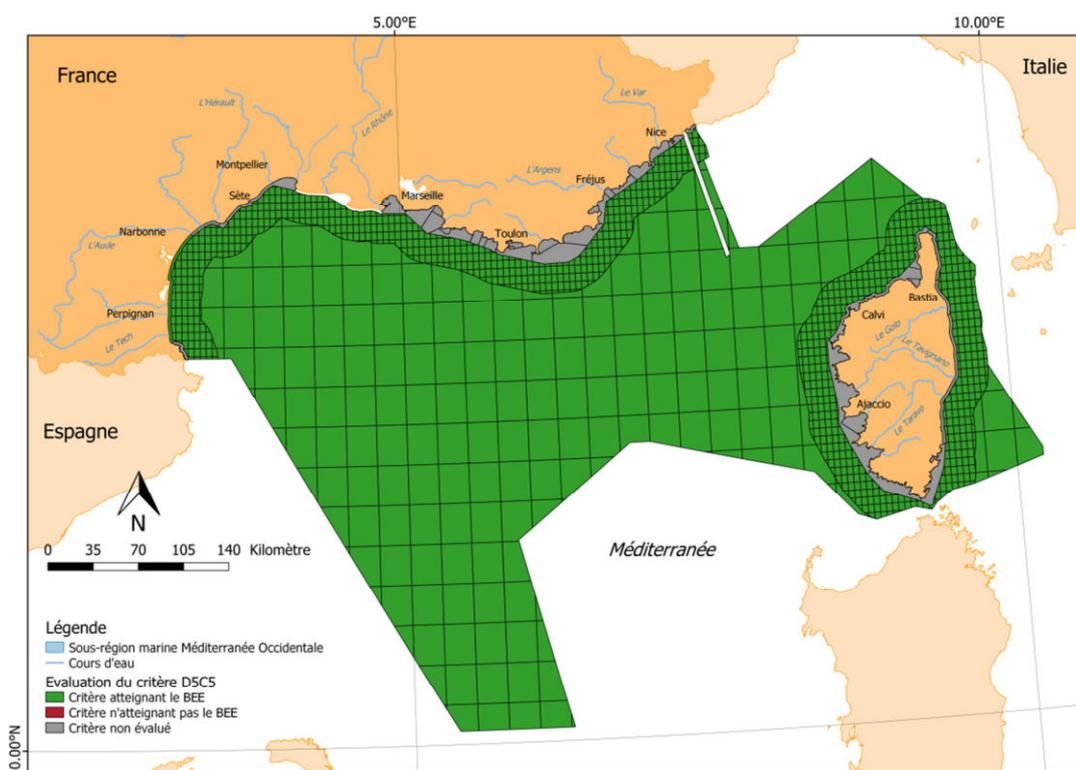


Figure 96. Évaluation du critère D5C5 dans la sous-région marine Méditerranée Occidentale (élément d'évaluation : concentration en oxygène dissous de surface). En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données.

L'évaluation de l'état du critère D5C5 montre que les zones intermédiaire et large de la SRM MO ne sont pas déclassées vis-à-vis de la concentration en oxygène de surface (Figure 96).

Sur les 46 MEC DCE de la SRM MO, une seule MEC a été évaluée vis-à-vis du D5C5 (la FRDC02a) en BEE, soit 152 km² (3,5 % de la zone côtière de la SRM). Les 45 autres MEC n'ont pas été évaluées.

Ainsi, 96 % de la SRM a été évaluée vis-à-vis du critère D5C5.

La masse d'eau côtière évaluée l'a été avec une confiance de 100 % (probabilité que la masse d'eau atteigne ou n'atteigne effectivement pas le BEE).

Concernant la zone côtière, cette évaluation a été réalisée à partir d'un total de 3 données (seulement 3 prélèvements dans la seule MEC évaluée sur les 6 années de mesures mensuelles d'oxygène dissous de juin à septembre prévu dans le cadre de la DCE). Pour les zones intermédiaire et large 184 080 données oxygène dissous de surface ont été extraites du modèle 3DVAR-OGSTM-BFM pour effectuer l'évaluation entre 2010 et 2014.

Tableau 44. Surface (km²) et proportion (%) de superficie des zones de la sous-région marine MO dans les différents états écologiques à l'issue de l'évaluation DCSMM au regard du critère D5C5.

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	152	0	4 479
	%	3,3	0	96,7
Intermédiaire	Superficie	19 757	0	0
	%	100	0	0
Large	Superficie	86 668	0	0
	%	100	0	0
SRM	Superficie	106 577	0	4 479
	%	96	0	4

7.3.5. D5C7 : Communautés de macrophytes des habitats benthiques

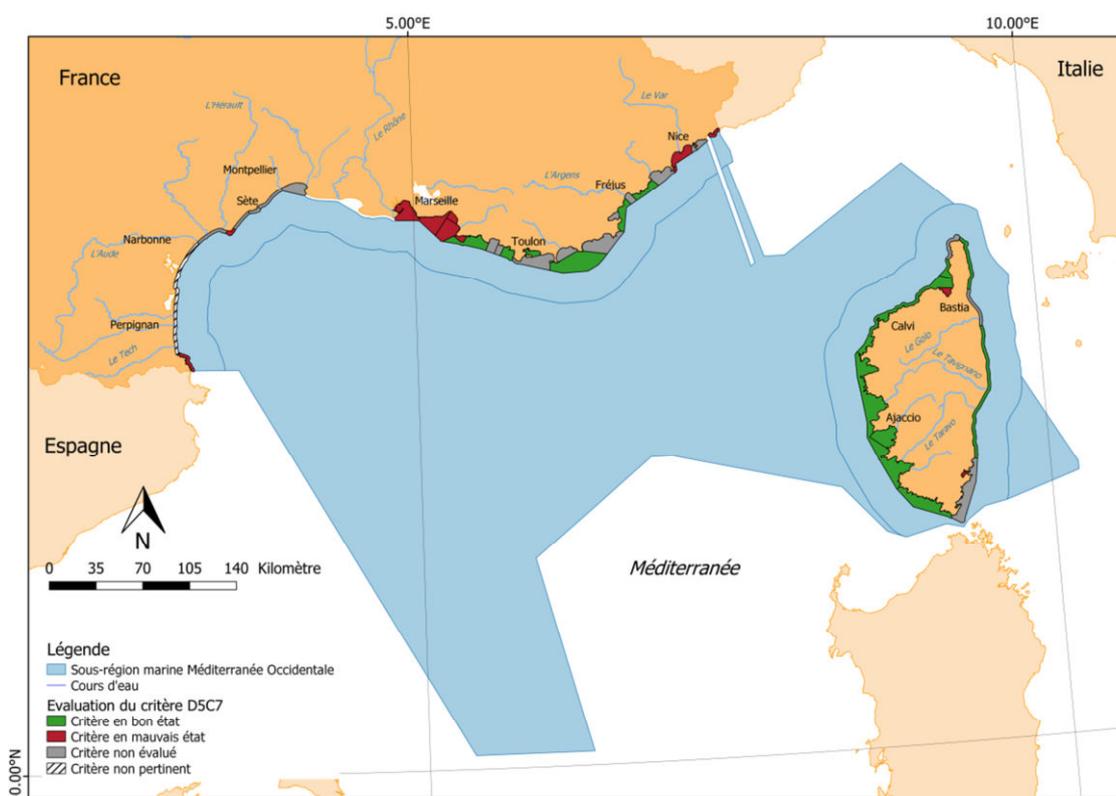


Figure 97. Évaluation du critère D5C7 dans la sous-région marine Méditerranée Occidentale. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le critère atteint le BEE, en rouge où il n'atteint pas le BEE, en gris où il n'y a pas d'évaluation par manque de données et en blanc où elle est jugée non pertinente.

L'évaluation de l'état du critère D5C7 n'a été réalisée qu'à la côte puisqu'elle n'est pas pertinente pour les zones intermédiaire et large (Figure 97). Sur les 46 MEC de la SRM MO, 18 n'ont pas été évaluées ($1\,321\text{ km}^2 = 28,5\%$ de la zone côtière de la SRM), 13 ont été évaluées en mauvais état ($694\text{ km}^2 = 15\%$ de la zone côtière de la SRM), 14 ont été évaluées en bon état ($2\,464\text{ km}^2 = 53\%$ de la zone côtière de la SRM) et une n'est pas pertinente (FRDC02a).

7.4. Résultats au niveau du descripteur 5 pour la SRM MO

7.4.1. Évaluation de la SRM

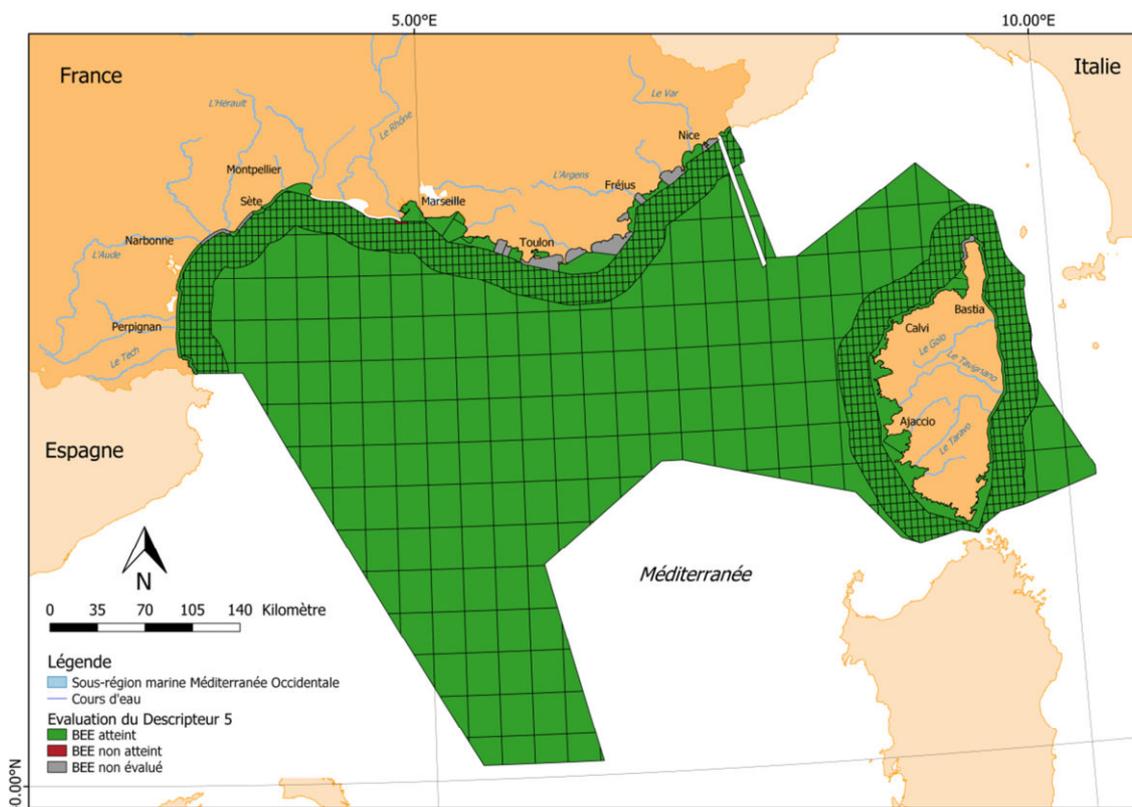


Figure 98. Évaluation du descripteur 5 dans la sous-région marine Méditerranée Occidentale. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le descripteur 5 atteint le BEE, les UGE en rouge dans lesquelles il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation du BEE.

L'évaluation du descripteur 5 effectuée suivant le protocole détaillé dans les chapitres précédents et sur la base des résultats obtenus pour chaque critère montre que les zones large et côtière ne sont pas touchées par le phénomène d'eutrophisation tel que décrit dans la DCSMM (Figure 98). En zone intermédiaire, seule une petite zone de 13 km² à l'embouchure du Rhône n'atteint pas le BEE sous l'action combinée des nutriments (azotés), de la chlorophylle-*a* et de la turbidité. A l'échelle de la SRM, cette zone à problème d'eutrophisation représente 0,01 % de la superficie (Tableau 45). Seule moins de 1 % de la superficie n'a pas été évaluée. Il faut toutefois relativiser la qualité de l'évaluation par la quantité de données utilisées pour effectuer l'évaluation en zone côtière, particulièrement en ce qui concerne l'oxygène de fond (voir chapitre 7.3.4) et sur l'évaluation du D5C5 en zones intermédiaire et large qui ne correspond pas à la définition de la Décision 2017/848/EU.

Tableau 45. Surface (km²) et proportion (%) de superficie de la sous-région marine MO dans les différents états écologiques à l'issu de l'évaluation DCSMM au regard du descripteur 5.

		BEE	non BEE	non Evalué
Côte	Superficie	3 766	0	865
	%	81,3	0	18,7
Intermédiaire	Superficie	19 744	13	0
	%	99,9	0,07	0
Large	Superficie	86 667	0	0
	%	100	0	0
SRM	Superficie	110 177	13	865
	%	99,2	0,01	0,78

7.4.2. Confiance

Si la quasi-totalité de la superficie de la SRM MO a été évaluée vis-à-vis du descripteur 5, toutes les zones ne font pas été évaluées avec la même "qualité". La cartographie de l'indice de confiance basé sur le nombre de critères utilisés par rapport au nombre de critères pertinents par UGE (Figure 99) montre que cet indice est particulièrement élevé en zones intermédiaire et large mais est plus variable en zone côtière. Ceci est dû au fait que tous les critères primaires ont pu être évalué dans les zones intermédiaire et large et ceci pour la totalité des UGE (grâce à la résolution et à l'emprise spatiale élevé des produit issu de la modélisation et des images satellites), de même que les critères secondaires (*i.e.* turbidité). Dans ces zones, seul le critère secondaire algue toxique (D5C3) n'a pas pu être évalué, les critères D5C6 et D5C7 n'y étant pas pertinent. Pour la zone côtière, le nombre de critères évalué par MEC est beaucoup plus variable car il est fonction de la présence ou non de points de prélèvement des réseaux de surveillance dans la MEC, mais dépend aussi de certaines contraintes humaines et matérielles (impossibilité d'aller sur le terrain, matériels défectueux, *etc.*).

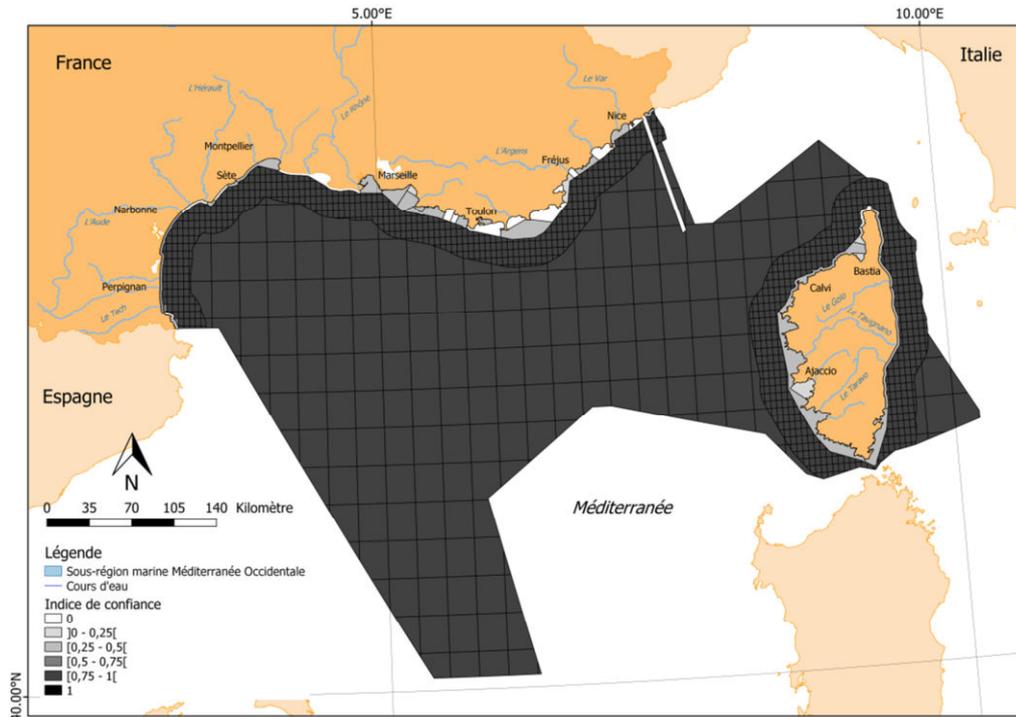


Figure 99. Cartographie de l'indice de confiance calculé, pour chaque UGE, à partir du nombre de critère utilisé pour évaluer le BEE dans la sous-région marine Méditerranée Occidentale.

7.5. Sources de pressions dans la SRM MO

7.5.1. Apports terrestres

7.5.1.1. Flux en nutriments des cours d'eau

La principale source de pression alimentant les processus d'eutrophisation en nutriment provient des cours d'eau se jetant dans la mer et drainant les nutriments en excès provenant des activités anthropiques réparties sur leur bassin hydrographique (Figure 100), telles que l'agriculture, l'industrie ou l'urbanisation.

Ces flux de nutriments peuvent ainsi être quantifiés à partir de mesures de nutriments effectuées sur 24 stations, 6 à 24 fois par an par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse (points roses sur la figure 100) et de mesures de débits journalières sur ces mêmes cours d'eau (points bleus sur la figure 100) effectuées par la DREAL entre 1990 et 2014 (27 années). Le calcul de flux est ensuite réalisé par le SOeS *via* l'utilisation du logiciel de calcul de flux OSPAR RTrend©. Les flux des zones d'apport diffus et des cours d'eau non monitoré sont estimés à partir d'une zone monitorée présentant des caractéristiques d'occupation du sol comparable.

Globalement, les flux cumulés en nitrate fluctuent d'une année à l'autre (Figure 101A) entre 66 kT pour l'année 1989 et 132 kT pour l'année 1996, les apports du Rhône contribuent à 70 %-90 % des apports totaux (Figure 101B).

Les flux cumulés en nitrate ne montrent toutefois pas de tendance significative sur la période observée (1990-2014) pour l'ensemble de la SRM (Tableau 46). Seuls les flux cumulés en azote totaux (Rhône exclu) montrent une tendance significative (+8,6 % par an) à l'augmentation sur cette période pour l'ensemble de la SRM MO (Tableau 46). Les flux en ammonium montrent des tendances très variables sur la façade méditerranéenne (avec des flux significativement à l'augmentation en Corse, à relativiser avec les très faibles concentrations observées dans ces cours d'eau, figure 101A).

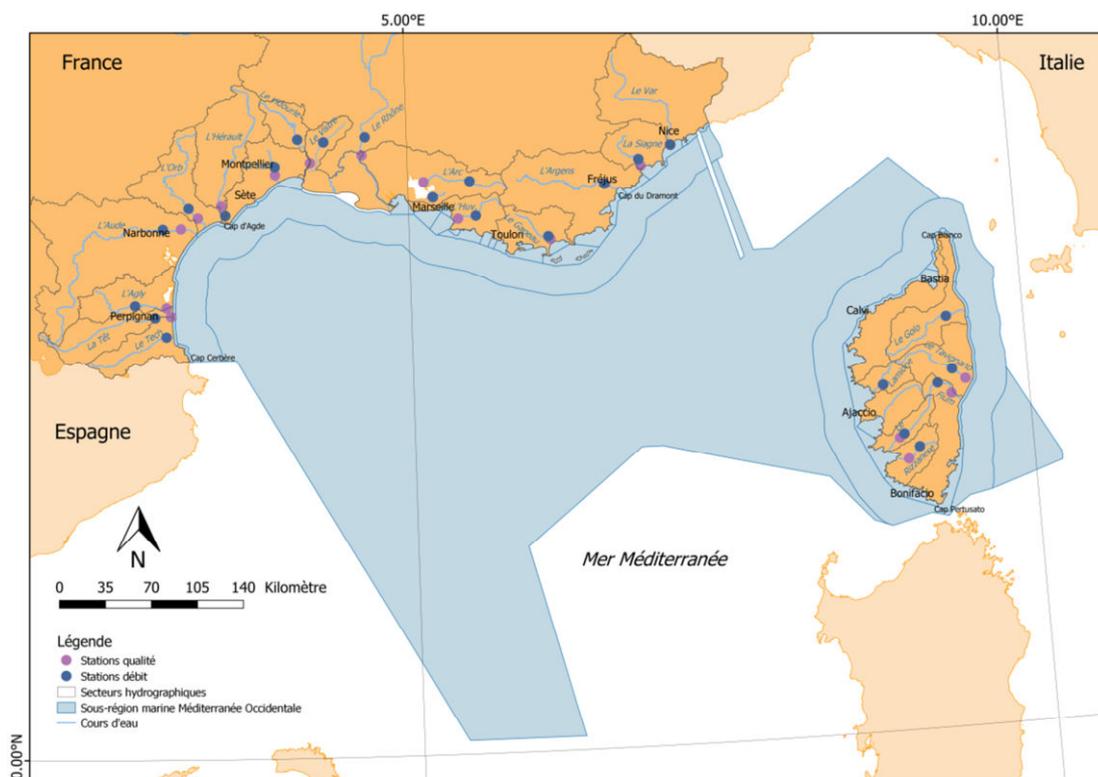


Figure 100. Carte des points de mesures de débit (points bleus) et de concentration en nutriments (points roses) des principaux fleuves (nommés sur la carte) se déversant dans la SRM MO. Les secteurs hydrographiques drainés par ces cours d'eau sont délimités en gris. Sources : Ifremer, SOeS, DREAL, Agences de l'Eau.

Les flux en orthophosphates, dont le principal contributeur est le Rhône à hauteur de 55 % à 80 % (Figure 102B), montrent une diminution significative globale avec une tendance de -2,5 % par an représentant environ -0,12 kT/an (Figure 102A et Tableau 46). Cette tendance à la baisse se retrouve au niveau de la plupart des cours d'eau, y compris le Rhône, les autres ne présentant pas de tendance significative (Tableau 46).

Pour l'ensemble de la SRM MO, les flux cumulés en orthophosphates étaient couramment supérieurs à 4 kT/an jusqu'au début des années 2000, puis ils ont diminués au cours des années 2000 pour rester sous les 3 kT/an depuis 2005 (Figure 102A).

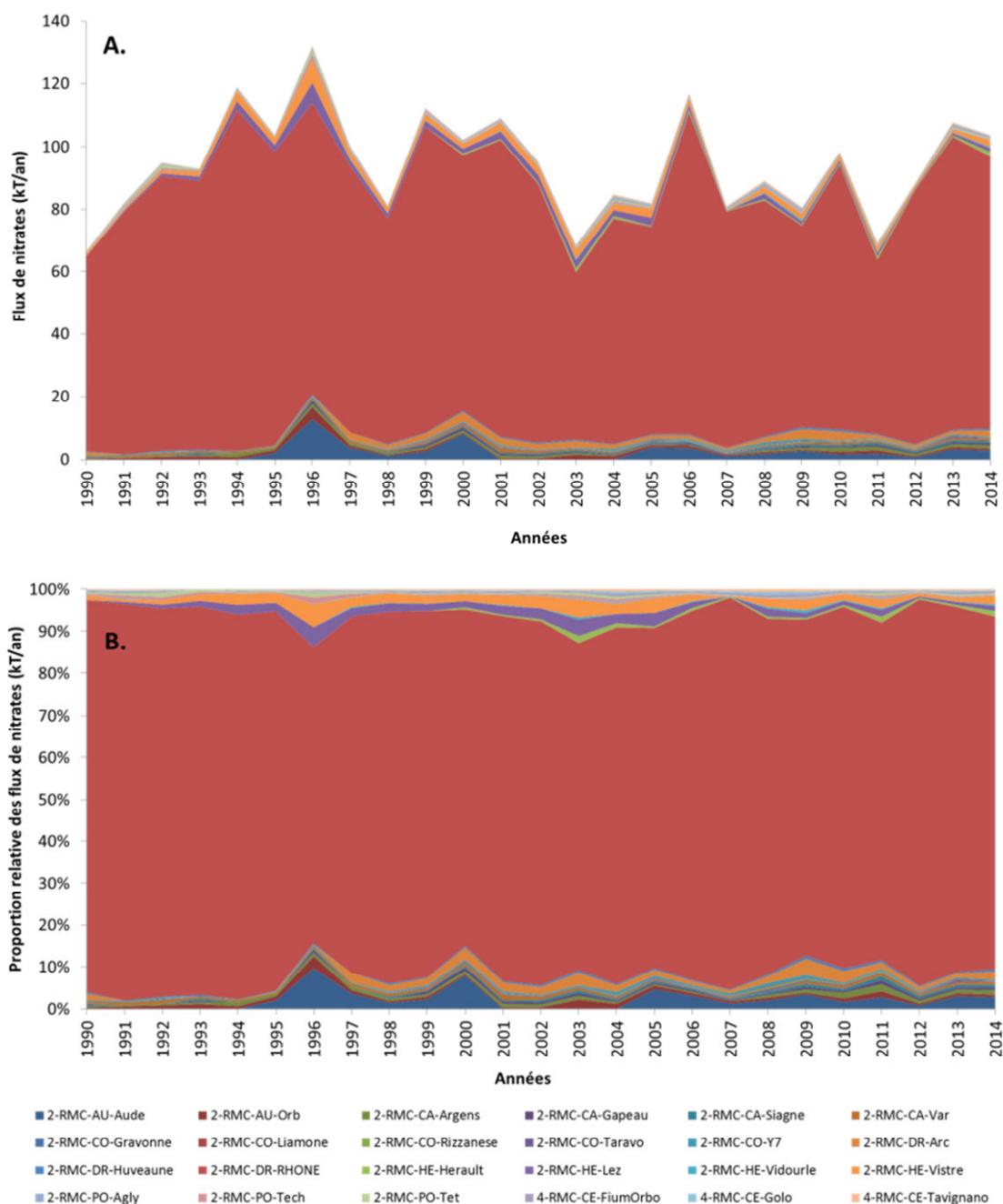


Figure 101. A. Évolution temporelle des flux en nitrate (kT/an) et B. Évolution temporelle de la proportions relatives (%) des flux en nitrate, calculées par le SOeS (suivant le protocole OSPAR RID) pour les principaux cours d'eau et secteurs hydrographiques (apports diffus et ponctuels) se déversant dans la SRM MO entre 1990 et 2014.

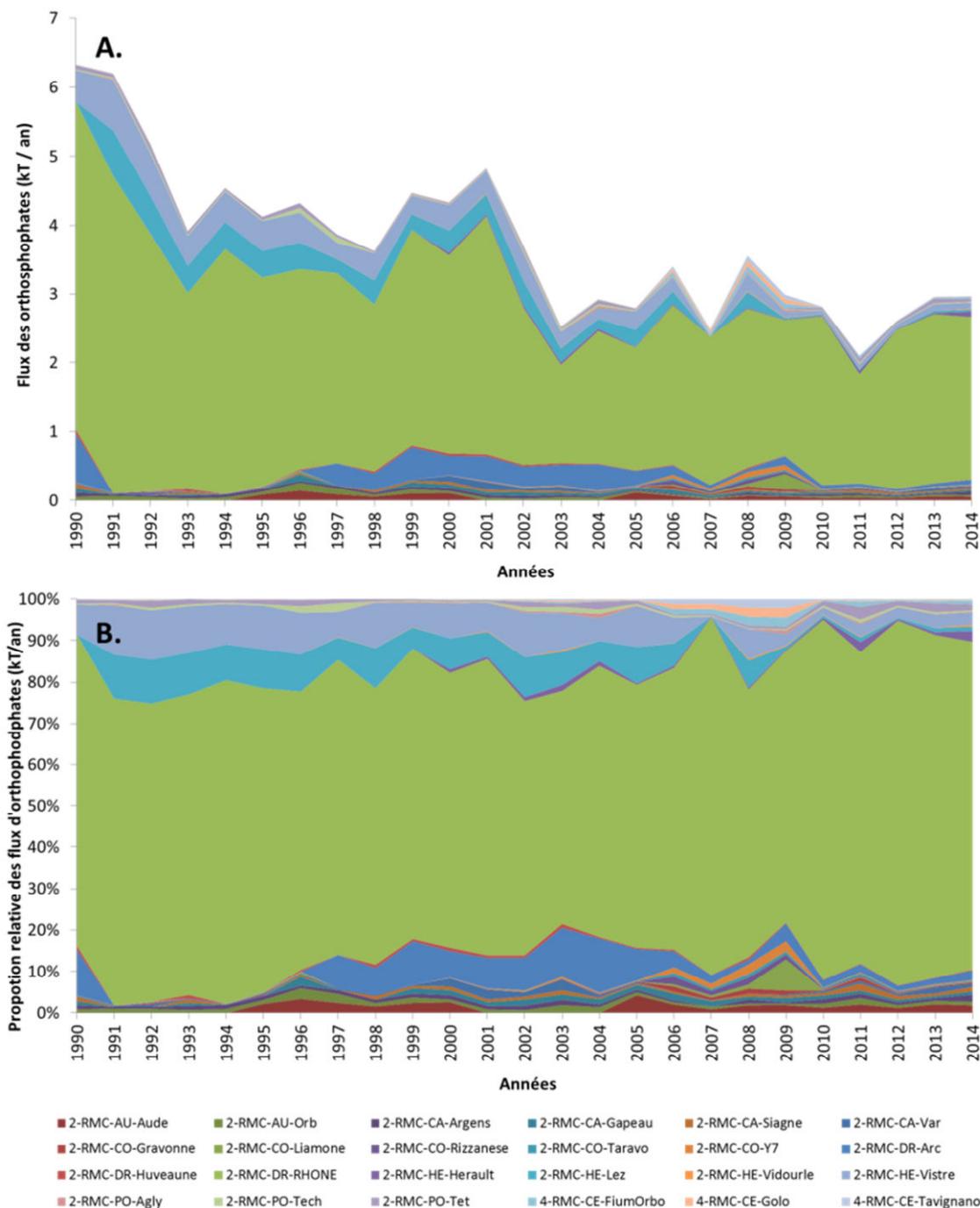


Figure 102. A. Évolution temporelle des flux en phosphate (kT/an) et B. Évolution temporelle de la proportions relatives (%) des flux en phosphate, calculées par le SOeS (suivant le protocole OSPAR RID) pour les principaux cours d'eau et secteurs hydrographiques (apports diffus et ponctuels) se déversant dans la SRM MO entre 1990 et 2014.

Tableau 46. Tendence temporelle (test de MannKendall Saisonnier) des flux en nutriment sur 27 années de mesure (1990 à 2014) pour les cours d'eau se déversant dans la SRM MO; superficie des secteurs hydrographiques et caractéristiques des apports relatifs à ces cours d'eau (tributaire: cours d'eau secondaire). Les flèches vertes indiquent une tendance significative (p. value <0,05) à la baisse et les flèches bleues indiquent l'absence de tendance significative. La superficie en gras représente la somme des superficies de tous les secteurs hydrographiques, les valeurs de tendance en gras ont été calculées sur la somme des flux de tous les cours d'eau par année. Les données entre parenthèses représentent le pourcentage de variation annuelle du nutriment calculé pour la période 1990 à 2014 en % de kT/an. Les valeurs en dehors des parenthèses représentent les variations en kT/an. Les estimations de flux sont effectuées par le SOEs suivant le protocole OSPAR RID.

ID du cours d'eau	Nom du cours d'eau	Superficie drainée (km ²)	Tendances				
			Total N	NO3-N	NH4-N	Total P	PO4-P
2-RMC-AU-Aude	L'Aude	4838	→	→	↘ -0,004 (-3,2)	↘ -0,022 (-7)	↘ -0,003 (-3,4)
2-RMC-AU-Orb	L'Orb	1330	→	→	↘ -0,009 (-5,1)	↘ -0,012 (-6,3)	↘ -0,002 (-4,1)
2-RMC-CA-Argens	L'Argens	2530	→	→	→	↘ -0,003 (-3,8)	↘ -0,0008 (-2,1)
2-RMC-CA-Gapeau	Le Gapeau	517	→	→	→	↘ -0,004 (-5,7)	↘ -0,002 (-5,1)
2-RMC-CA-Siagne	La Siagne	515	→	↗ 0,01 (3,1)	→	→	→
2-RMC-CA-Var	Le Var	2820	→	→	→	→	→
2-RMC-CO-Gravonne	La Gravonne		↗ 0,022 (8,8)*	→	→	→	→
2-RMC-CO-Liamone	u Liamone	322	→	→	→	→	→
2-RMC-CO-Rizzanese	u Rizzanese	130	→	→	→	→	→
2-RMC-CO-Taravo	Le Taravo	331	↗ 0,015 (8,8)*	→	→	→	→
2-RMC-CO-Y7			→	→	↗ 0,0005 (6,5)	→	→
2-RMC-DR-Arc	L'Arc	303	↘ -0,21 (-5,2)	→	↘ -0,09 (-7,4)	↘ -0,03 (-7,2)	↘ -0,02 (-7,4)
2-RMC-DR-Huveaune	L'Huveaune	245	→	→	↘ -0,002 (-4,5)	↘ -0,003 (-6,9)	↘ -0,002 (-6,2)
2-RMC-DR-RHONE	Le Rhône	95590	→**	→	↘ -0,19 (-3,5)	↘ -1,16 (-2,5)	↘ -0,08 (-2,4)
2-RMC-HE-Herault	L'Hérault	2250	→	→	→	→	→
2-RMC-HE-Lez	Le Lez	150	↘ -0,12 (-3,2)	→	↘ -0,06 (-4,4)	↘ -0,036 (-6,7)	↘ -0,02 (-5,8)
2-RMC-HE-Vidourle	Le Vidourle	650	→	→	→	→	→
2-RMC-HE-Vistre	Le Vieux Vistre	291	↘ -0,124 (-3,1)	→	↘ -0,07 (-5)	↘ -0,034 (-5,9)	↘ -0,02 (-4,9)
2-RMC-PO-Agly	L'Agly	903	→	→	↘ -0,0008 (-4,7)	↘ -0,001 (-5,8)	→
2-RMC-PO-Tech	Le Tech	729	→	↘ -0,01 (-3,2)	↘ -0,001 (-5,1)	↘ -0,004 (-5,7)	↘ -0,0004 (-2,6)
2-RMC-PO-Tet	La Têt	1300	↘ -0,03 (-3,7)	→	↘ -0,008 (-4,4)	↘ -0,005 (-4,8)	→
4-RMC-CE-FiumOrbu	u Fim'Orbu	115	→	→	↗ 0,001 (15,6)	→	↗ 0,0008 (26,3)
4-RMC-CE-Golo	Le Golo	926	→	→	↗ 0,0005 (6,5)	→	→
4-RMC-CE-Tavignano	Le Tavignano	573	→	→	↗ 0,0009 (13)	→	→
Total		117358	↗ 1,15 (8,6)***	→	↘ -0,3 (-3)	↘ -0,29 (-3,2)	↘ -0,12 (-2,5)

* données disponibles depuis 2002

** données disponibles depuis 2009

*** Rhône exclu

7.5.1.2. Apports diffus : zones vulnérables

Dans le cadre de la protection des eaux souterraines et de surface contre les pollutions provoquées par les nitrates d'origine agricole (apports diffus), la 5^{ème} révision de la délimitation des zones vulnérables aux nitrates (eaux excédant ou pouvant excéder 50 mg.l⁻¹ à 0 de salinité = norme de l'OMS, ce qui représente un seuil sanitaire pour l'homme et non pour l'environnement) est fondée sur les résultats des mesures effectuées dans les eaux souterraines et les eaux de surface. Les préfets coordonnateurs de bassin ont arrêté en 2012 les zones vulnérables pour la période 2013 à 2016 (Figure 103).

Très peu de zones de drainages se déversant dans la SRM MO sont classées zones vulnérables aux nitrates. Seules une zone au nord-est de la Camargue (drainée par le delta du Rhône), une zone côtière proche de la frontière espagnole (drainée par l'Agly, le Têt et la Tech) et une zone côtière drainée par le Gapeau) sont vulnérables aux nitrates. La petite taille de ces zones (source de nitrates), l'absence de tendance à l'augmentation des flux en nitrates (Tableau 46) et les faibles concentrations observées dans ces cours d'eau expliquent l'absence de dégradation des masses d'eau vis-à-vis des nutriments.

Note : La Directive "Nitrates" (91/676/CEE) a pour objectif de préserver la ressource en eau et les milieux aquatiques de la pollution par les nitrates d'origine agricole. Elle prévoit une surveillance tous les 4 ans des eaux superficielles et souterraines. Les résultats de cette campagne de surveillance déterminent une analyse et une révision éventuelle de la délimitation des zones vulnérables à la pollution par les nitrates d'origine agricole. Dans ces zones, des programmes d'action spécifiques sont mis en place pour réduire les apports de nitrates dans les eaux. Les 5^{èmes} programmes d'action seront élaborés au cours de l'année 2013.

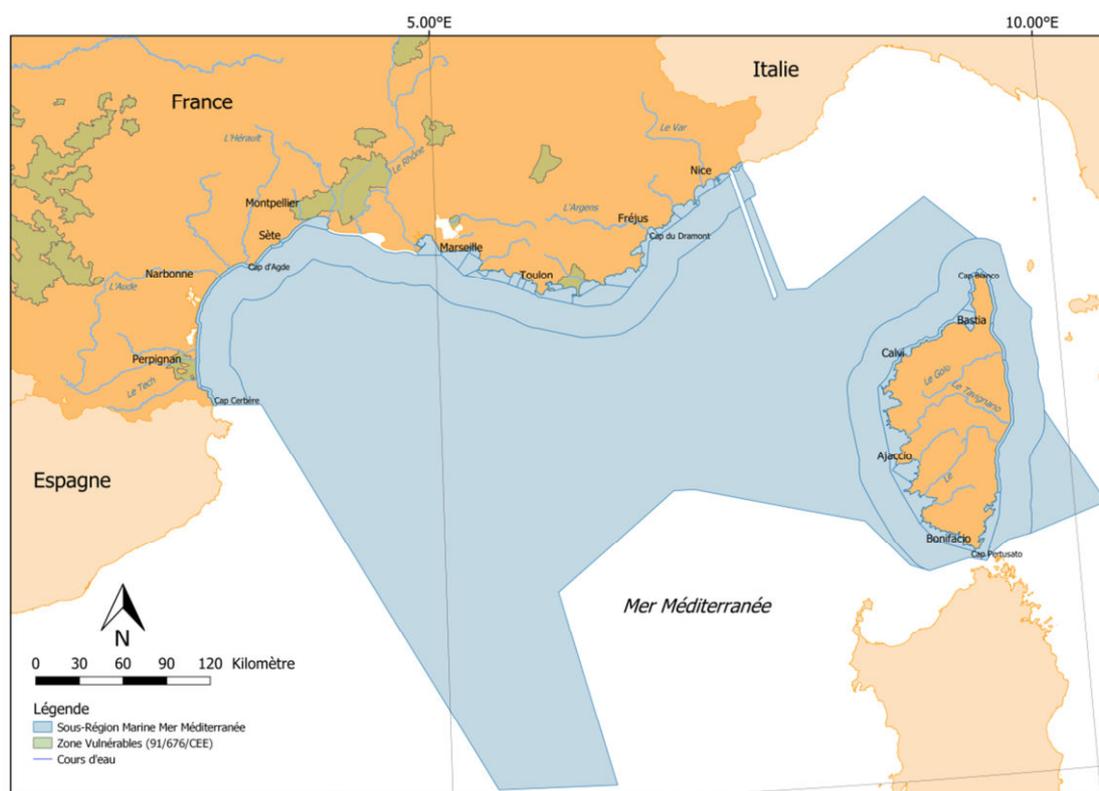


Figure 103. Localisation des zones vulnérables aux nitrates (en vert) dans les bassins versant se rejetant dans la SRM MO telles que définit par la directive "Nitrates" (91/676/CEE). Sources : Ifremer, Sandre.

7.5.1.3. Apports ponctuels : zones sensibles

L'article R211-94 du code de l'environnement, transposant dans le droit français l'article 5 et l'annexe II de la directive Eaux Résiduelles Urbaines (91/271/EEC UWWT) définit les zones sensibles comme les masses d'eau particulièrement sensibles aux pollutions, notamment celles dont il est établi qu'elles sont eutrophes ou pourraient devenir eutrophes à brève échéance si des mesures ne sont pas prises, et dans lesquelles les rejets de phosphore, d'azote ou de ces deux substances doivent, s'ils sont cause de ce déséquilibre, être réduits.

En 2015, la France compte dans sa base de données 20 783 agglomérations d'assainissement comprenant 21 079 stations de traitement des eaux usées (STEU) qui représentaient une charge globale de 78 millions d'Equivalents-habitants (Eh) pour une capacité épuratoire de l'ensemble des STEU de 104 millions d'Eh. Les agglomérations de 2000 Eh et plus étaient au nombre de 3 661 pour 3 795 stations de traitement des eaux usées, en effet certaines agglomérations sont composites et comportent plusieurs stations. Elles représentent une charge polluante de 73 millions d'Eh.

7.5.2. Apports atmosphériques

Les dernières évaluations disponibles sur les apports atmosphériques en nutriment dans la partie Française de la Méditerranée remontent aux années 90 (UNEP/MAP 1997⁷¹). Les flux en nutriments ayant depuis évolués de façon difficilement prévisible, il n'est pas possible de prendre ces résultats en considération pour la présente évaluation.

7.6. Discussion sur les résultats de la SRM MO

7.6.1. Bilan des résultats de l'évaluation initiale 2018 et comparaison avec l'évaluation initiale 2012.

Pour répondre aux exigences d'évaluation de l'état d'eutrophisation dans le cadre de la DCSMM, un protocole a été mis en place à l'échelle nationale, depuis la collecte de données issues de réseau de surveillance terrain, ou de produits issus des images satellites ou de la modélisation jusqu'à la mise au point de méthodologie d'agrégation et d'intégration pour synthétiser la masse d'information disponible et finalement en définir le bon état ou non des masses d'eau à l'échelle national pour les différentes SRM.

Les résultats obtenus à l'issue de l'application de cette méthodologie complexe montrent qu'à l'échelle de la Méditerranée Occidentale, et tout en gardant à l'esprit les faiblesses de l'évaluation en zone côtière et du critère primaire D5C5 en général, l'eutrophisation ne pose pas de problème puisque moins de 0,1 % de la SRM n'atteint pas le BEE.

En comparaison avec la précédente évaluation initiale de 2012⁶⁸ (début du premier cycle du PAMM), qui faisait un état des lieux et une analyse de la qualité écologique par paramètre des eaux françaises, des changements sont à noter. L'évaluation de 2012 faisait état de 2 zones potentiellement problématiques au regard de l'eutrophisation (Figure 105) :

- Zone 1 : zone côtière s'étendant du golfe de Fos à Sète, directement influencée par le panache du Rhône, et définie comme étant la plus productive de la sous-région marine.
- Zone 2 : zone plus large s'étendant de Fos, jusqu'à Banyuls (elle englobe la zone précédente), correspondant à la zone du golfe du Lion et du plateau continental. Cette zone est sous influence des apports du Rhône (des eaux relativement riches en matière en suspension, avec une activité chlorophyllienne importante toute l'année du fait de la richesse relative en éléments nutritifs).

⁷¹ UNEP/MAP. 1997. The input of anthropogenic airborne nitrogen to the Mediterranean Sea through its watershed. MAP Technical Reports Series No. 118. 94p.

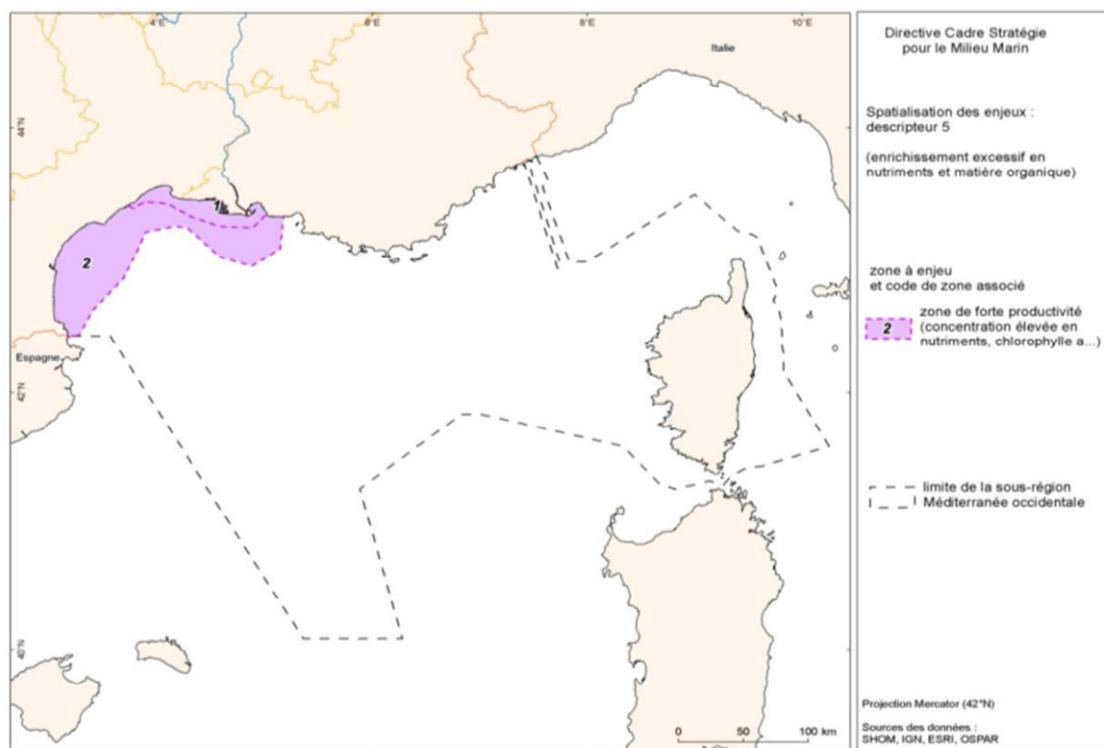


Figure 105. Zones à enjeux pour l'eutrophisation en Golfe de Gascogne. Extrait du rapport de l'atelier de synthèse de l'évaluation initiale 2012.

La présente évaluation ne décline qu'une infime partie de la zone 1. Si l'on regarde les résultats de l'évaluation par critère, il y a bien un signal de dégradation qui s'étend un peu plus au large (mais toujours au sein de la zone intermédiaire) venant des nutriments (Figure 92A et B), de la chlorophylle-*a* (Figure 93) et de la turbidité (Figure 95). On peut noter également une très faible dégradation par la chlorophylle-*a* au niveau du Golfe du Lion, dont la superficie est toutefois très nettement en deçà de ce qui avait été estimé lors de l'évaluation de 2012.

7.6.2. Justifications de non-utilisation d'un critère

Les critères non utilisés lors de l'évaluation du descripteur 5 en SRM MO sont le D5C3 "Algues toxiques", le D5C6 "Macroalgues opportunistes", le D5C1 à la côte, et le D5C8 "Macrofaune benthique".

Pour le D5C3 (critère secondaire) et le D5C1 (critère primaire) il n'a pas été possible de les utiliser à cause du manque de consensus sur la définition de seuils pertinents. Ceci devrait évoluer pour les prochains cycles de la DCSMM par la mise en place de groupes de travail dédiés, entre autre, à la définition de seuil pour les critères n'en disposant pas.

Pour le D5C8 (critère secondaire), l'indicateur AMBI utilisé dans le cadre de la DCE a été qualifié d'insatisfaisant pour répondre au besoin de la DCSMM. Il n'a donc pas été utilisé dans cette évaluation.

La non-utilisation du critère D5C6 dans la SRM MO est due à sa non pertinence dans cette région.

La non-utilisation des critères D5C7 en zones intermédiaire et large est due à leur non pertinence. Les proliférations d'algues opportunistes ne s'expriment qu'au niveau côtier des eaux françaises à travers les phénomènes d'échouages. Les herbiers et macroalgues pérennes ne se développent pas sous une certaine profondeur (besoin de lumière), la profondeur étant généralement proportionnelle à l'éloignement de la côte la plupart de ces herbiers et population de macroalgues sont majoritairement situés en zone côtière.

7.6.3. Justification de non-utilisation des évaluations des indicateurs des Conventions des Mers Régionales

En ce qui concerne la SRM MO, aucune évaluation de l'état d'eutrophisation des eaux marines à l'échelle de la SRM ne semble avoir été faite. Si la convention de Barcelone préconise, à l'échelle locale et sur des échelles temporelles courtes à moyennes, l'utilisation d'indices tels que TRIX⁷², elle n'a toujours pas débouché sur la mise en place d'un protocole standardisé à l'échelle de la Méditerranée, inter-comparable avec les méthodes DCSMM⁷³. L'émergence de fiches descriptives de plus en plus détaillées relatives aux Objectifs Ecologiques et Indicateurs Communs, relativement semblables aux descripteurs et critères de la DCSMM, semblent néanmoins se mettre en place ces dernières années et devraient aboutir à la définition d'un protocole d'évaluation de l'état d'eutrophisation plus complexe.

7.7. Conclusion sur les résultats de la SRM MO

Les efforts entrepris pour répondre la plus étroitement possible aux besoins de la DCSMM en termes d'évaluation de l'état d'eutrophisation des eaux françaises ont conduit à une très nette amélioration de la qualité de l'évaluation (en termes d'emprise spatiale et de nombre de critère utilisé) comparativement à l'évaluation précédente. Cela nous a conduits à définir des zones précises où l'eutrophisation pose un problème et où les efforts, en termes de mesure à mettre en place, pourront se concentrer. Ces zones, très côtières, représentent toutefois moins de 1 % de la superficie de la SRM MO. Des améliorations restent à apporter, notamment sur la définition des seuils, autant à la côte qu'au large, sur l'harmonisation des évaluations côte-large. Il faudra également assurer à la pérennisation de certains outils numériques (traitement des images satellite et modélisation) à long terme sous peine de voir le fruit de tous ces efforts disparaître lors des prochains cycles DCSMM.

⁷² Vollenweider R.A., Giovanardi F., Montanar, G. et Rinaldi A. 1998. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters, with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environmetrics*, 9, 329-357.

⁷³ UNEP(DEPI)/MED. 2017. Fiches descriptives d'orientation sur les l'Indicateur commun de l'IMAP (Pollution et déchets marins). WG.444/5. 81p.

Messages forts :

- Fruit de collaborations aussi bien à l'échelle locale qu'à l'échelle européenne
- Moins de 0,1 % de la superficie de la SRM MO en Non BEE pour le descripteur 5
- Plus de 99 % de la superficie de la SRM MO évaluée
- Première évaluation de l'état d'eutrophisation de la SRM MO dans le cadre d'une approche écosystémique de l'état écologique du milieu marin et dont les critères sont harmonisés à l'échelle Européenne.
- Encore des progrès à faire sur la définition des seuils
- Besoin impératif de pérenniser et d'améliorer les systèmes d'acquisition de données comme les produits dérivées des images satellite et la modélisation.

8. Discussion générale

8.1. Définition des seuils

Selon la Décision officielle de la commission Européenne sur la définition des critères et des normes méthodologiques applicables au bon état écologique des eaux marines (2017/848/UE), les seuils devant être utilisés pour évaluer les critères du descripteur 5 à la côte sont ceux issus des travaux menés dans le cadre de la DCE. Ces seuils ont fait l'objet, pour certains, de nombreuses discussions voire même d'exercices d'intercalibration à l'échelle européenne en ce qui concerne la chlorophylle-*a*, et ils seront appelés à évoluer dans le futur, notamment les seuils de concentrations en chlorophylle-*a* et nutriments. Le seuil NID a été revu très récemment pour prendre en compte les écotypes NEA 1/26a et 1/26b (Tableau 3), et passe dans la DCE d'un seuil unique à un seuil double : 29 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ pour l'écotype NEA 1/26b et 33 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ pour le 1/26a; ainsi seule la SRM MMN se trouve concernée par ce changement. Ces nouveaux seuils ont été appliqués à la présente évaluation DCSMM dans le cadre d'un test et, si l'évaluation du D5C1 s'en trouve légèrement modifiée pour la SRM MMN, l'évaluation du D5 reste quasiment inchangée. En ce qui concerne la SRM MO, les réflexions ayant menées à la création des fiches d'Objectifs Environnementaux (OE5 = Eutrophisation) dans le cadre de la convention de Barcelone (UNEP/MAP) ont également permis d'utiliser les seuils chlorophylle-*a* (Indicateur Commun 14, OE5) tout en veillant à leur harmonisation à l'échelle Européenne.

Conformément à cette même Décision, les seuils au large ont été calculés en prenant en compte ceux établis à la côte (*via* des coefficients d'abattement notamment). Pour le paramètre PID qui n'a pas de seuil à la côte, une méthode alternative, basée sur l'utilisation des données "pristine" issues de la modélisation a été retenue. Pour le nutriment de la SRM MO où il n'y a ni de seuil à la côte ni de données "pristine", l'abattement a été fait sur les seuils défini pour la façade Manche-Atlantique (cela devra évoluer dans le futur pour prendre plus amplement en considération les spécificités hydrodynamiques et biologiques de la SRM MO). Comme décrit dans le rapport, d'autres approches ont été testées (jusqu'à 6 pour les nitrates), et leurs résultats ont été soumis aux différents experts et représentants DCE de façade. Les seuils retenus sont ceux qui ont été reconnus comme étant les plus crédibles au regard des connaissances des conditions environnementales locales.

Même si beaucoup d'efforts ont été faits pour uniformiser les seuils à la côte et au large, il reste des différences notoires sur la définition de ces différents seuils. La définition des seuils à la côte est généralement basée sur des données *in situ*, parfois relativement peu nombreuses et dispersées géographiquement, mais ces seuils sont issus pour certains d'une longue réflexion et d'un consensus à l'échelle européenne. Les seuils au large ont quant à eux été calculés à partir d'un nombre conséquent de données représentatives de la superficie de la SRM, ces données étant issues de produits dérivés des images satellite et de la modélisation. Ces seuils n'ont pas pu, faute de temps, être soumis à l'approbation d'un aussi large panel d'experts que ceux arrêtés dans le cadre de la DCE. Ces différences méthodologiques peuvent être à l'origine du décalage de classement en atteinte du BEE / non atteinte du BEE de certains critères entre UGE adjacentes côte / intermédiaire.

Aucun seuil pour les blooms d'algues toxiques n'a pu être utilisé ni à la côte ni au large, faute de consensus (à la côte) et de données disponibles (au large).

De même, il n'y a toujours pas de seuil établi pour les phosphates inorganiques dissous à la côte, alors que des données sont disponibles, ni pour l'azote inorganique dissous pour la SRM MO.

8.2. Pertinence des indicateurs utilisés

Les indicateurs utilisés dans le cadre de l'évaluation du descripteur 5 sont globalement communs avec ceux de la DCE et des conventions régionales telles qu'OSPAR ou la convention de Barcelone. C'est le cas pour le P90 de la concentration en chlorophylle-*a*, le P10 de concentration en oxygène dissous au fond, et la concentration normalisée à 33 de salinité. Les indicateurs plus complexes comme ceux utilisés pour les macrophytes (hors opportunistes) et la macrofaune benthique seront certainement appelés à évoluer pour permettre une meilleure estimation de l'impact des pressions anthropiques sur les communautés benthiques (faune et flore).

On peut, toutefois, mettre en évidence certaines lacunes vis-à-vis de l'indicateur basé sur le paramètre concentration en chlorophylle-*a* (*proxy* universel de la biomasse phytoplanctonique) utilisé dans le cadre d'évaluation de l'état d'eutrophisation (D5C2). En effet, une mesure de chlorophylle-*a* ne prend pas en compte la "quantité" de phytoplancton (densité de cellule algale) et surtout ne permet pas de faire la distinction entre les différentes espèces phytoplanctoniques présentes dans la masse d'eau. La prise en compte de ces paramètres, pourtant très importants lorsque l'on parle d'eutrophisation (une espèce phytoplanctonique ne réagit pas de la même façon qu'une autre à un apport excessif en nitrate et/ou phosphates) devrait ainsi être ajoutée à l'évaluation du descripteur 5, comme c'était le cas dans la précédente définition des critères d'évaluation (critère 5.2.4 dans la Directive 2010/477/UE).

De même, si l'évaluation actuelle a gagné en qualité depuis les évaluations précédentes (Évaluation initiale 2012 et COMP3 OSPAR), il ne faut pas oublier que son objectif est de traduire un processus très complexe (Figure 2) en résultats facilement lisibles (quantitatif et qualitatif) synthétisant un nombre assez limité de paramètres intervenant dans ce processus.

Si l'on reprend le schéma présenté en figure 2 et que l'on y superpose les critères utilisés dans cette évaluation, il apparaît que seul un nombre restreint de "compartiments" (7 compartiments sur la vingtaine représentée) participe directement à l'évaluation DCSMM de l'état d'eutrophisation des eaux marines (Figure 106). Les flux de nutriments étant utilisés comme paramètres supports, ils n'entrent pas directement dans l'évaluation des critères. S'il semble difficile de rajouter des compartiments à cette évaluation (problème de coût, de temps, *etc.*) les résultats obtenus sont à relativiser vis-à-vis de la représentativité de ces critères dans le processus d'eutrophisation.

L'expérience acquise lors de la participation à ces groupes de travail a été essentielle pour préparer les bases de l'évaluation DCSMM, notamment en participant aux réflexions sur la révision de la définition du descripteur 5 (2017/848/UE).

Au niveau du recensement et de la récupération des données, une grande partie du travail a été effectuée au sein de l'Ifremer avec notamment la centralisation des données dans la base Quadrigé² ou dans Sextant. Toutefois, certaines informations ont été obtenues à la source, en collaboration directe avec les producteurs de données ou les personnes en charge de leur valorisation. C'est notamment le cas pour l'évaluation du D5C6 pour lequel une collaboration avait déjà été mise en place avec le CEVA (spécifiquement en charge du suivi des algues opportuniste) lors des évaluations OSPAR successives ou pour l'estimation des données de flux de nutriments fournis par le SOeS. Au-delà du fait que les données et les évaluations propres à ces paramètres ont pu être obtenus dans des délais plus en adéquation avec la deadline du rendu du rapport qu'avec la voie conventionnelle (centralisation des données dans Sextant), les échanges effectués avec le CEVA et le SOeS ont permis une meilleure compréhension des processus d'évaluation et de calcul des informations transmises, et donc une amélioration de la qualité de l'évaluation du descripteur 5.

En ce qui concerne le calcul des indicateurs des zones large et intermédiaire, celui-ci a été effectué par l'équipe en charge de la rédaction du rapport. Concernant le calcul des indicateurs en zone côtière cela s'est effectué en étroite collaboration avec les biostatisticiens d'Ifremer (hormis pour les indicateurs relatifs aux critères D5C6 et D5C7, ce qui devrait être corrigé pour les prochains cycles DCSMM). Cette collaboration a été menée pour rendre le plus compatible possible les évaluations à la côte et au large (paramètre, métrique, périodes, *etc.*) pourtant fondées sur des bases de données totalement différentes en terme de format, de quantité de données et de fréquence d'acquisition spatio-temporelle, tout en répondant au cahier des charges relatif au besoin de la DCSMM. Même si certaines améliorations sont encore à apporter, comme une certaine souplesse dans les périodes d'évaluation, cette collaboration nous a permis d'avancer rapidement et de fournir une évaluation la plus homogène possible dans son approche. Il est à noter que cette collaboration pourrait évoluer et mener à une fusion possible des outils informatiques d'évaluation à la côte et au large, qui diffèrent dans leur conception mais sont tous écrits en langage R, afin de fournir un outil centralisé dédié à l'évaluation du descripteur 5, et qui tendra à être l'équivalent de l'outil HEAT d'HELCOM ou NEAT d'OSPAR. Il faudra toutefois encore travailler sur les aspects indices de confiance qui ne sont toujours pas aboutis pour l'évaluation de certains critères (surtout pour le large) : ceci pourra être mené au sein de groupes de travail dédiés.

Au niveau des seuils, le travail effectué par critère et les différents essais proposés pour approbation ont été détaillés dans les sections respectives. Ce travail a été réalisé avec un groupe d'experts en eutrophisation, modélisation et en environnement marin côtier, avec les correspondants DCE de façade (dont certains avaient déjà joué un rôle d'expert dans le cadre de la COMP3), ainsi qu'avec la coordination DCSMM nationale.

Au niveau des méthodes d'intégration/agrégation, les différentes approches proposées ont également été détaillées dans le rapport. Elles ont été discutées en collaboration avec la coordination DCSMM nationale, la DEB et les experts sollicités.

Concernant le descripteur 5, les collaborations dans le cadre du continuum terre-mer pourraient être encore améliorées. Les problèmes liés à l'eutrophisation en mer sont directement liés aux activités terrestres (même les apports atmosphériques en nutriments trouvent leurs sources en grande partie dans les activités terrestres). L'Ifremer possède tous les niveaux d'expertise pour effectuer cette évaluation en milieu marin, mais la faible visibilité des sources de pression terrestre (multiplicité des sources, information très dispatchée à travers les différents SAGE, *etc.*) rendant les informations très dures à trouver et à synthétiser. Pour pallier à ces difficultés, il est nécessaire d'établir une collaboration plus étroite avec les Agences de l'Eau en tant qu'intermédiaires avec le volet terrestre de la problématique eutrophisation. Celles-ci sont en effet très impliquées dans la DCE « Eaux de surfaces-côtières » qui elle-même est très liée au D5. Ce besoin d'amélioration de connaissance du continuum terre-mer a été mis en avant dans le Programme d'Acquisition des Connaissances, fiche n° BA02_E2.

8.4. Liens avec les Programmes de Surveillance et recommandations en matière de recherche et de surveillance

8.4.1. Liens avec les PdS et besoins de recherches associés

- SP2 « Physico-chimie » et SP3 « Phytoplancton » du PdS « Eutrophisation » : une multiplication des points de mesure à la côte pour couvrir les MEC DCE non évaluées actuellement paraissant peu envisageable (trop coûteuse), des efforts peuvent être concentrés sur l'extension de l'évaluation vers le large.

- ➔ Besoin de pérenniser et d'améliorer les outils de production de données (images satellite/algorithmes de traitement et modèles). Le PdS est ici lié aux besoins de recherche *via* la feuille de route eutrophisation et ses fiches actions : continuation de la calibration des algorithmes de traitement des images satellite pour représenter le plus fidèlement possible la vérité terrain à l'échelle européenne (programmes EUNOSAT et EUROHAB), sachant que ces algorithmes sont également encore en cours d'amélioration pour être en mesure de distinguer les grands groupes phytoplanctoniques. Les modèles comme ECO-MARS3D ont besoin de développements supplémentaires pour être plus fiables (feuille de route et fiches PdS D5) et apporter davantage d'informations (groupes phytoplanctoniques, HAB). Ces besoins sont en lien avec la fiche PAC n° PAC B01_E1.
- ➔ Possibilité d'extension des suivis terrain DCE vers le large : campagnes ponctuelles (scientifiques et/ou dédiées DCSMM), mesures automatiques (ferrybox). Ce besoin est particulièrement identifié pour les nutriments et a été reporté dans la fiche PAC n° BA01-E1.

Dans le cadre plus spécifique du SP3 « Phytoplancton », il y a également un besoin de connaissance en ce qui concerne les HAB (voir fiches PAC n° BA03_E6E12 et BA04_E11). Les liens entre phénomène d'eutrophisation et apparition de HAB en forte concentration ne sont pas encore avérés. De même, les mesures de HAB se font essentiellement par prélèvement suivi d'une identification au microscope, méthode précise mais qui demande beaucoup de temps et est donc difficile à mettre en place en

routine. Des méthodes de mesure alternatives sont donc à mettre en place (en plus de la détection par image satellite et modélisation, voir plus haut).

- SP 6 : « Marées vertes ».

Le programme de surveillance mis en place par le CEVA donne pleine satisfaction à la vue de leur expertise. Ceci est à pérenniser.

- SP 5 : « Apports fluviaux en nutriments ».

Une augmentation de la fréquence ainsi qu'une meilleure concordance temporelle des mesures de débits et de concentration en nutriments dans les cours d'eau permettrait une meilleure estimation des flux. Dans ce sens, un effort de recensement des systèmes de mesures automatiques haute fréquence en embouchure de fleuve est actuellement effectué.

Une approche du calcul de flux de nutriments des cours d'eau par modélisation permettrait également de comparer plus facilement les apports atmosphériques et les flux terrestres.

- SP 8 : « Apports atmosphériques en nutriments ».

Tout comme l'évaluation DCSMM à la côte se base sur les résultats de la DCE, l'analyse des apports atmosphériques en nutriments se base sur les rapports EMEP qui sont eux-mêmes réalisés dans le cadre d'OSPAR. Si cette action est à pérenniser, il apparaît évident que le découpage des zones OSPAR est inadapté aux zones DCSMM. L'évaluation DCSMM pourrait bénéficier d'un meilleur bilan si le rapportage EMEP était effectué suivant un découpage des régions compatibles avec celui de la DCSMM. Le découpage actuel dédouble ou étend excessivement certaines sous-régions marines françaises.

8.4.2. Autres recommandations de recherche spécifiques

D'autres domaines dans lesquels un effort de recherche est encore nécessaire pour améliorer notre compréhension des phénomènes d'eutrophisation, et donc pour améliorer la qualité des évaluations de l'état d'eutrophisation des eaux, ont déjà été identifiés dans le rapport Lefebvre (2012)¹⁰ dont la plupart des points sont toujours d'actualité.

Les efforts de recherche sur les nutriments (en lien avec le SP2) pourraient porter :

- sur la compréhension des processus biogéochimiques clés, fournissant ainsi une vision holistique des menaces et bénéfiques environnementaux. Ce volet intégrerait notamment la recherche dédiée à l'utilisation des formes organiques de l'azote par le phytoplancton (exemple de l'urée), le rôle de l'activité microbienne (exemple des activités exo enzymatiques) et des TEP (Transparent Exo Polysaccharides) dans la dynamique de la matière organique et du phytoplancton ;
- sur la mesure des stocks et des flux de nutriments aux niveaux terrestre et aquatique (des nappes et rivières jusqu'en mer) ;

- sur la quantification des interactions et des relations entre les différents composés de l'azote réactif et leurs flux ;
- sur le développement de mesures et de méthodes permettant d'augmenter l'efficacité de l'utilisation et du recyclage de l'azote afin de limiter les apports.

A cela il faut également ajouter le besoin d'améliorer nos connaissances sur la dynamique des nutriments au large, la plupart des études étant faites en milieu côtier : cela a été rapporté dans la fiche BA01-E1 du Programme d'Acquisition des Connaissances.

Concernant les apports de nutriments (en lien avec le SP5 et SP8, fiche PAC n° BA02_E2), les domaines de recherche identifiés par Ferreira *et al.* (2011)⁷⁴ sont les suivants :

- Améliorer l'estimation des flux de nutriments d'origine terrestre et atmosphérique, en tenant compte des processus biogéochimiques et biologiques mis en jeu le long du continuum bassin versant - zone de transition - zone côtière ;
- Déterminer un niveau d'enrichissement « naturel » en nutriments, par comparaison des sources d'origine anthropique pour définir un état non impacté et pouvoir faire la distinction entre un état naturellement productif et un état d'eutrophisation culturelle pour l'identification de ce qui peut ou non être géré ;
- Pérenniser la déterminer de la contribution des apports transfrontaliers et transnationaux et/ou des échanges de nutriments par rapport aux sources terrestres et atmosphériques et comment gérer ces apports ;
- Évaluer les impacts potentiels du changement climatique sur la disponibilité des nutriments incluant leur mode de transport (exemples : à partir de nouveaux schémas de circulation, par l'augmentation des précipitations, par changement des processus d'upwelling et côtier qui seront à l'origine de nouvelles sources de nutriments ou exacerberont les sources existantes), ainsi que la transformation de ces nutriments et de la matière organique ;
- Déterminer comment différencier les impacts liés au changement climatique de ceux liés aux activités humaines et comment les gérer au mieux ;
- Évaluer les relations entre les indicateurs/paramètres proposés et les proxies des pressions d'enrichissement en nutriments (exemple : changement des concentrations en nutriments comme indicateur de pressions lorsque cela s'avère pertinent), afin de définir des seuils spécifiques aux écorégions ou aux habitats pour le BEE.

Concernant la production primaire et la régulation des efflorescences algales (en lien avec le SP 3), les domaines de recherche identifiés par Ferreira *et al.* (2011)⁷⁴ sont les suivants :

- Approfondir les études sur les relations entre les concentrations en nutriments, en chlorophylle et la production primaire, ainsi que de la robustesse de leur utilisation combinée dans le cadre de l'évaluation de l'eutrophisation ;

⁷⁴ Ferreira JG, Andersen JH, Borja A, Bricker SB, Camp J, Da Silva MC, Garcés E, Heiskanen A-S, Humborg C, Ignatiades L, Lancelot C, Menesguen A, Tett P, Hoepffner N et Claussen U. 2011. Overview of eutrophication indicators to assess environmental status within the European Marine Strategy Framework Directive. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 93, 117-131.

- Étude de la régulation par les nutriments et de la stœchiométrie de la production de biomasse algale (phytoplancton et macroalgues) en tenant compte des phénomènes de sélection d'espèces et de groupes fonctionnels et de structuration de la communauté algale ;
- Étude de la relation entre enrichissement en nutriments et changement dans la structure et le fonctionnement de la chaîne trophique planctonique ;
- Étude des effets du contrôle top-down (exemples : filtration par les coquillages, grazing par le zooplancton) et des autres interactions au sein du réseau trophique (infections virales, parasitisme, rôle de la mixotrophie, *etc.*) dans la régulation de la biomasse algale et sur la transmission et l'amplification des effets ;
- Développement de nouveaux outils d'évaluation du phytoplancton (méthodes alternatives au dénombrement du phytoplancton par microscopie optique – exemples : cytométrie, imagerie, signature spectrale, *etc.*) ;
- Développement des outils de la surveillance permettant de tenir compte des échelles spatiales et temporelles mises en jeu lors du développement du phytoplancton (exemples : mesures automatisées à haute fréquence en continu, navires d'opportunités, images satellites, modélisation, *etc.*).

Concernant les efflorescences d'algues nuisibles (en lien avec le SP 3) les domaines de recherche identifiés par Ferreira *et al.* (2011)⁷⁴ sont les suivants :

- Identification et compréhension du lien entre les efflorescences d'algues nuisibles (HAB) et l'expression des toxicités, avec les apports de nutriments (en termes de stocks, de flux, de formes et de rapports) et/ou de carbone, et leurs conséquences sur le réseau trophique ;
- Identification du rôle des mécanismes hydrodynamiques (upwelling, stratification, *etc.*) ou biologiques (stratégie physiologique comme la mixotrophie, l'hydrolyse, formation de cystes, *etc.*) dans la formation des HABs et de l'expression des toxicités et des possibilités de gestion de ces mécanismes.

8.5. Influence du changement climatique

Les activités humaines ont modifié l'hydrologie des systèmes aquatiques, les apports de nutriments, *etc.*, contribuant ainsi à exacerber l'eutrophisation. Cependant, de nombreuses études ont révélé (exemples : Beaugrand *et al.*, 2008⁷⁵ ; Breton *et al.*, 2006⁶⁷ ; Lefebvre *et al.*, 2011⁷⁶) que le climat et ses changements récents, *via* des modifications des précipitations, de l'ensoleillement, de la vitesse et de la direction du vent, pouvaient moduler l'enrichissement des écosystèmes par les nutriments d'origine anthropique et, par conséquent, les effets directs et indirects de cet enrichissement. La prise en compte du changement climatique est un enjeu majeur de la recherche si l'on souhaite pouvoir déconvoluer les variations naturelles des variations anthropiques et climatiques, et ainsi proposer des scénarii de gestion réalistes dont le coût de mise en œuvre est acceptable pour la Société.

Dans le processus actuel de révision de la Procédure Commune d'évaluation de l'état d'eutrophisation d'OSPAR, le groupe intersessionnel ICG-EUT (Eutrophication) a souligné l'importance de la prise en compte du changement climatique lors de son évaluation de la qualité des zones marines OSPAR.

⁷⁵ Beaugrand G, Edwards M, Brander K, Luczak C et Ibanez F. 2008. Causes and projections of abrupt climate-driven ecosystem shifts in the North Atlantic. *Ecological Letter*, 11, 1157-1168.

⁷⁶ Lefebvre A, Guiselin N, Barbet F et Artigas L. 2011. Long-term hydrological and phytoplankton monitoring (1992-2007) of three potentially eutrophicated systems in the eastern English Channel and the southern bight of the North Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 68(10), 2029-2043.

9. Conclusion générale

La présente évaluation a conduit à déterminer l'état des eaux marines françaises vis-à-vis de l'eutrophisation (Figure 107). Parmi les 98 % de superficie totale des SRM effectivement évalués, seul 1 % présente des problèmes d'eutrophisation en zone côtière et intermédiaire (Tableau 47). Ces problèmes viennent de l'action combinée des nutriments, de la chlorophylle-*a* et/ou de la turbidité (dans les zones proches des estuaires). A l'échelle des sous-régions marines et en regardant le détail des différents critères, il apparaît que les surfaces dégradées vis-à-vis des critères concentrations en nutriments et chlorophylle-*a* dans la colonne d'eau sont plus importantes que les surfaces n'atteignant pas le BEE à l'échelle du descripteur 5.

Par ailleurs, un décalage spatial apparent entre les fortes productions de chlorophylle-*a* et les fortes concentrations en nutriments est peut-être dû aux phénomènes d'exportations (transfrontaliers) détaillés dans ce rapport. De même, comme il était prévisible du fait des phénomènes de dilution de la côte vers le large, les zones au large des sous-régions marines (au-delà des 12 mn) sont exemptes de problèmes d'eutrophisation. Ainsi, rapporté à l'échelle des zones côtière et intermédiaire évaluées sur la façade Manche-Atlantique (48 388 km², Tableau 3, Tableau 4 et Tableau 5), les zones n'atteignant pas le BEE au regard de l'eutrophisation (3 052 km², Tableau 47) représentent 6,5 % de cette emprise. A cela, il faut également ajouter une forte disparité dans la qualité d'évaluation des différentes MEC dont certaines ont été évaluées à partir d'un nombre assez faible de critères, à cause du manque de données. Dans certains cas, cela a rendu impossible l'intégration des critères primaires dans leur évaluation. Cela laisse donc supposer une assez forte sous-estimation de la superficie des zones côtières ayant un problème d'eutrophisation et en particulier pour la zone méditerranéenne.

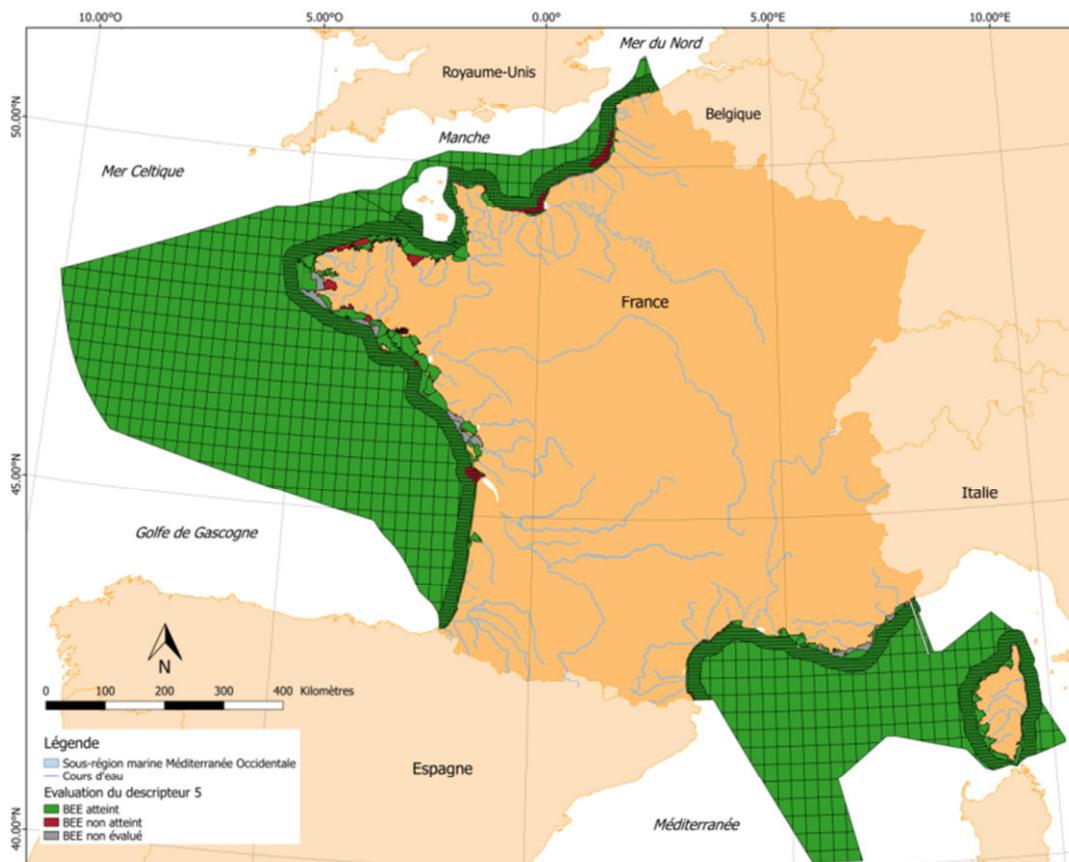


Figure 107. Évaluation du descripteur 5 dans toutes les sous-régions marines Françaises. En vert sont représentées les UGE dans lesquelles le descripteur 5 atteint le BEE, les UGE en rouge dans lesquelles il n'atteint pas le BEE et en gris où il n'y a pas d'évaluation du BEE.

Tableau 47. Surface (km²) et proportion (%) de superficie de l'ensemble des sous-régions marines Françaises dans les différents états écologiques à l'issue de l'évaluation DCSMM au regard du descripteur 5.

		Zone côtière			Zone intermédiaire			Zone large			Toutes zones		
		BEE	non BEE	non Eval	BEE	non BEE	non Eval	BEE	non BEE	non Eval	BEE	non BEE	non Eval
SRM MMN	Superficie	2 117	117	183	10 703	1 183	0	14 045	0	0	26 865	1 300	183
	%	87,6	4,8	7,6	90	10	0	100	0	0	94,8	4,6	0,6
SRM MC	Superficie	3 518	982	373	6 705	0	0	31 886	0	0	42 109	982	373
	%	72,2	20,2	7,7	100	0	0	100	0	0	96,9	2,3	0,9
SRM GdG	Superficie	6 078	261	1 793	13 866	509	0	165 857	0	0	185 801	770	1 793
	%	74,7	3,2	22,0	96,5	3,5	0	100	0	0	98,6	0,4	1,0
SRM MO	Superficie	3 766	0	865	19 806	13	0	86 662	0	0	110 234	13	865
	%	81,3	0	18,7	99,9	0,1	0	100	0	0	99,2	0,01	0,8
Ttes SRM	Superficie	15 479	1 360	3 214	51 080	1 705	0	298 450	0	0	365 009	3 065	3 214
	%	77,2	6,8	16	96,8	3,2	0	100	0	0	98,3	0,8	0,9

Les sources de pression d'eutrophisation sont globalement assez bien identifiées (bien que leur identification précise à des échelles plus locale reste problématique). Des directives existent déjà visant à réduire ces pressions comme la directive nitrate et la directive sur les eaux résiduaires urbaines. Toutefois, les objectifs de ces directives diffèrent de ceux de la DCSMM, les mesures prises dans leur cadre restant à caractère sanitaire et étant donc insuffisantes d'un point de vue écologique. La présente évaluation

pourra ainsi servir de support pour caractériser les pressions pour chaque enjeu écologique.

Ainsi, même s'il apparaît que l'évaluation 2018 a gagné en qualité depuis l'évaluation 2012 et les différentes évaluations effectuées dans le cadre d'OSPAR (COMP), des lacunes restent encore à combler. Des seuils restent manquants pour certains critères (D5C4, D5C1 Phosphate), et d'autres nécessiteraient d'être plus longuement testés et d'être soumis à de plus amples discussions. Certaines MEC ne sont pas évaluées avec suffisamment de critères par manque de données, et les données obtenues par le modèle Méditerranéen pour les zones intermédiaire et large paraissent moins précises que celles obtenues avec le modèle utilisé pour la façade Manche-Atlantique. Les sources de pression (nutriments) étant essentiellement d'origines terrestres, il serait intéressant de pouvoir identifier leurs origines avec plus de précision afin de mettre en place des mesures plus efficaces (via le Programme de Mesures du PAMM) pour lutter contre l'eutrophisation.

Ces différents points resteront à améliorer pour la prochaine évaluation et des pistes sont d'ores et déjà envisagées dont :

- Mise en place de groupes de travail/workshop à l'échelle nationale et européenne dédiés aux seuils et méthodes d'agrégation/intégration
- Amélioration du modèle type ECO-MARS3D pour le rendre plus compatible avec les besoin de la DCSMM, voire l'étendre à la SRM MO.
- Renforcement de la prise en compte du continuum terre-mer *via* l'amélioration scientifique des connaissances et le rapprochement avec les SAGE/SDAGE (*via* les Agences de l'Eau).

10. Bibliographie

(Les références aux sites internet et aux définitions ne sont pas incluses)

- ¹ Décision (UE) n° 2017/845 de la commission du 17 mai 2017 modifiant la directive 2008/56/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les listes indicatives d'éléments à prendre en compte lors de la préparation des stratégies pour le milieu marin.
- ³ Claussen U, Zevenboom W, Brockmann, Topcu D. et Bot P. 2009. Assesment of the eutrophication status of transitional coastal and marine waters within OSPAR. *Hydrobiologia*, 629, 49-58.
- ⁴ OSPAR. 1998: OSPAR Strategy to Combat Eutrophication.
- ⁵ HELCOM. 2006: Development of tools for assessment of eutrophication in the Baltic Sea Balt. Sea Environ. Proc. No. 104
- ⁶ UNEP(DEC)/MED WG.231/14 Monitoring of Mediterranean Marine Eutrophication: Strategy, parameters and Indicators.
- ⁷ Ferreira JG, Andersen JH, Borja A, Bricker SB, Camp J, Cardoso da Silva M, Garcés E, Heiskanen AS, Humborg C, Ignatiades L, Lancelot C, Menesguen A, Tett P, Hoepffner N et Claussen U. 2010 Marine Strategy Framework Directive – Task Group 5 Report Eutrophication.
- ⁹ Pinay G, Gascuel C, Ménesguen A, Souchon Y, Le Moal M (coord), Levain A, Etrillard C, Moatar F, Pannard A et Souchu P. 2017. L'eutrophisation : manifestations, causes, conséquences et prédictibilité. Synthèse de l'Expertise scientifique collective CNRS - Ifremer - INRA - Irstea (France), 148 pages.
- ¹⁰ Lefebvre A. 2012. La Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM – 2008/56/EU). Identification des besoins de recherches pour le descripteur 5 lié à l'eutrophisation. Ifremer/RST.LER.BL/12.02. 23p.
- ¹² ICES. 2015. ICES Special Request Advice - Northeast Atlantic and Arctic Ocean, Book 1.
- ¹³ Lefebvre A. 2011. La Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM – 2008/56/EU) Caractéristiques du Bon État Écologique (BEE) pour le descripteur 5 lié à l'eutrophisation. Ifremer/RST.LER.BL/11.09. 45p.
- ¹⁴ GES_17-2017-02, Progress on Art. 8 MSFD assessment guidance.
- ¹⁵ Koroleff F. 1969. Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. *Int. Cons. Explor. Sea*, C9, 1-6.
- ¹⁶ Bendschneider K. et Robinson RJ. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.*, 11, 87-96.
- ¹⁷ Aminot A et Kerouel P. 2004. Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. Ifremer. 336p.
- ¹⁹ Daniel A et Soudant D. 2010. Évaluation DCE Mai 2010. Élément de qualité : nutriments. Rapport DYNECO/PELAGOS/10.03. 100p.
- ²¹ Soudant D et Belin C. 2010. Évaluation DCE 2010. Élément qualité : phytoplancton. R.INT.DIR/DYNECO/VIGIES/10-03/DS. 199p.

- 22 EMoSEM. 2015. Ecosystem Models as Support to Eutrophication Management In the North Atlantic Ocean (EMoSEM), EU FP7 Seas-Era project. Final Report.
- 23 Aminot A et Kérouel R. 2007. Dosage automatique des nutriments dans les eaux marines : méthodes en flux continu. Ed. Quae, 188 p.
- 24 Le Moigne M et Gauthier E. 2015. Data Qualification processes for French Coastal Data in Q² ; EMODnet – Chemistry report. Ifremer.
- 25 Soudant A, Soudant D et Lefebvre A. 2008. Influence de la périodes et de la fréquences d'échantillonnage sur le percentile 90 de la fluorescence. R.INT.DOP/DYNECO/VIGIES 2008-17. 36p
- 26 Chernick MR. 2007. Bootstrap Methods: A Guide for Practitioners and Researchers, 2nd Edition. Wiley, New York.
- 27 Buchet R. 2012. Assistance à la coordination des travaux européens d'intercalibration des indicateurs biologiques de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Rapport HOCER. 155 p.
- 28 Goffart A. 2010. Proposition de grilles et de seuils corses pour l'indicateur Phytoplancton. Note, 3 juin 2010. 2 p.
- 29 Soudant D et Belin C. 2009.  valuation DCE décembre 2008.  l ement de qualité : phytoplancton. R.INT.DIR/DYNECO/VIGIES/09-03/DS. 160p.
- 30 Buchet R, Auby I, Rossi N et Belin C. 2013. Compte rendu de la réunion GIG NEA. Poursuite des travaux européens d'inter-étalonnage des indicateurs biologiques de la DCE. Lisbonne, 24-25 janvier 2013.
- 31 Belin C, Lamoureux A, et Soudant D. 2014.  valuation de la qualité des eaux littorales de la France métropolitaine pour l'élément de qualité Phytoplancton dans le cadre de la DCE.  tat des lieux des règles d'évaluation, et résultats pour la périodes 2007-2012. Tome 1 -  tat des lieux, méthodes et synthèse des résultats. Rapport DYNECO / VIGIES / 14-05 – Tome 1. 159p.
- 32 Daniel A et Soudant D. 2011.  valuation DCE.  l ement de qualité : transparence. Rapport final. 130p
- 33 CIMAV. 2013. Suivi des proliférations d'algues vertes sur le littoral breton en complément du contrôle de surveillance DCE. 160p.
- 35 CEVA. 2011. Classement des masses d'eau côtières des bassins Loire-Bretagne et Seine-Normandie à partir de l'élément de qualité macroalgues de bloom dans le cadre de la DCE. LER/FBN/DN 11-2-23523024). 58p.
- 37 Ballesteros E, Torras X, Pinedo S, Garcia M, Mangialajo L et de Torres M. 2007. A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive. Mar. Poll. Bull., 55, 172–180.
- 38 Ar Gall E et Le Duff M. 2010. Protocole d'observation *in situ* et proposition de calcul d'un indice de qualité pour le suivi des macroalgues sur les estrans intertidaux rocheux dans le cadre DCE - Mai 2010. 9p.
- 39 Derrien-Courtel S et Le Gal A. 2011. Suivi des macroalgues subtidales de la façade Manche-Atlantique - Rapport final - Convention 2010 - Action 5. Onema, Ref. Convention Onema-Ifremer 2010, 49p.

- ⁴⁰ Thibaut T, Markovic L et Blanfuné A. 2010. Préfiguration du réseau macroalgues – Bassin Rhône Méditerranée Corse – Application de la directive Cadre Eau - Rapport d'état écologique des masses d'eau. Littoral rocheux de la Corse. Contrat Agence de l'Eau RMC – Unsa : 24 p.
- ⁴¹ Auby I, Oger-Jeanneret H, Sauriau P-G, Hily C et Barille L. 2010. Angiospermes des côtes françaises Manche-Atlantique. Propositions pour un indicateur DCE et premières estimations de la qualité. RST/LER/MPL/10-15.
- ⁴² Sartoretto S. 2008. Soutien méthodologique à la mise en oeuvre de la Directive Cadre Eau (item : Herbière de Posidonie) - Validation du protocole de calcul de l'EQR (District Rhône et côtiers méditerranéens). 30p.
- ⁴³ Miossec L. 2016. Études méthodologiques développées à l'échelle nationale - Agrégation des sous-éléments de qualité de l'élément de qualité « Flore autre que phytoplancton ». Rapport Onema Convention 2015. 23p.
- ⁴⁶ Gohin F, Druon JN et Lampert L. 2002. A five channel chlorophyll concentration algorithm applied to SeaWiFS data processed by SeaDAS in coastal waters. *Int. J. Remote Sens.* 23, 1639–1661.
- ⁵² Devreker D et Lefebvre A. 2016. Third Application of the Comprehensive Procedure (COMP3) to determine eutrophication status of OSPAR marine waters. French national report. ODE/LITTORAL/LER.BL/16.02. 79p.
- ⁵³ OSPAR Commission. 2017. Eutrophication Status of the OSPAR Maritime Area. Third OSPAR Integrated Report on the Common Procedure. 175p.
- ⁵⁷ Devreker D et Lefebvre A. 2014. TTAinterfaceTrendAnalysis: An R GUI for routine Temporal Trend Analysis and diagnostics. *Journal of Oceanography, Research and Data*, 6, 1-18.
- ⁵⁸ Garcia A, Desroy N et Le Mao P. 2014. Contrôle de surveillance benthique de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) : Année 2013. Ifremer/ODE/LITTORAL/LERBN-14-011. 82p.
- ⁵⁹ Brylinski JM, Lagadeuc Y, Gentilhomme V, Dupont JP, Lafite R, Dupeuble PA, Huault MF, Auger Y, Puskaric E, Wartel M et Cabioch L. 1991. Le fleuve côtier, un phénomène hydrologique en Manche Orientale (exemple du Pas de Calais). *Oceanologica Acta*, 11, 197-203.
- ⁶¹ Nebout T, Desroy N et Le Mao P. 2009. Contrôle de surveillance benthique de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) : Année 2008 – District Artois-Picardie. RST.DOP-LER/FBN-09-010. 43p.
- ⁶² OSPAR Commission. 2016. Riverine Inputs and Direct Discharges to Convention Waters OSPAR Contracting Parties' RID 2014 Data Report. 83p.
- ⁶³ Lefebvre A, Ménesguen A, Cugier P, Lancelot C, Lacroix G, Gypens N, Billen G et Garnier J. 2006. Rapport final du projet LITEAU II « Modélisation intégrée des transferts de nutriments depuis les bassins versants de la Seine, la Somme et l'Escaut jusqu'en Manche et Baie Sud de la Mer du Nord ». Convention de recherche 19-G/2003, 108 p. + Annexes.
- ⁶⁴ OSPAR. 2017. Atmospheric Deposition of Nitrogen to OSPAR Convention waters in the period 1995-2014. HASEC 17/6/2. 150p.

- ⁶⁵ EUC. 2009. 3rd OSPAR Workshop on Eutrophication Modelling – Modelling Transboundary Nutrient Transport (TBNT), London 2009.
- ⁶⁶ Ménesguen A, Cugier P et Leblond I. 2006. A new numerical technique for tracking chemical species in a multi-source, coastal ecosystem, applied to nitrogen causing *Ulva* blooms in the Bay of Brest (France). *Limnology and Oceanography*, 51(1), 591-601.
- ⁶⁷ Breton E, Rousseau V et Parent J-Y. 2006. Hydroclimatic modulation of diatom / *Phaeocystis* blooms in nutrient-enriched Belgian coastal waters (North Sea). *Limnol. Oceanogr.*, 51(3), 1401-1409.
- ⁶⁸ DCSMM. 2012. Plan d'Action pour le Milieu Marin. Sous-région Marine Manche-Mer du Nord. Évaluation Initiale des eaux marines. 863p.
- ⁷⁰ CEVA. 2014. Contrôle de surveillance DCE 2014. Suivi des blooms de macroalgues opportunistes. 71p.
- ⁷¹ UNEP/MAP. 1997. The input of anthropogenic airborne nitrogen to the Mediterranean Sea through its watershed. MAP Technical Reports Series No. 118. 94p.
- ⁷³ UNEP(DEPI)/MED. 2017. Fiches descriptives d'orientation sur les l'Indicateur commun de l'IMAP (Pollution et déchets marins). WG.444/5. 81p.
- ⁷⁴ Ferreira JG, Andersen JH, Borja A, Bricker SB, Camp J, Da Silva MC, Garcés E, Heiskanen A-S, Humborg C, Ignatiades L, Lancelot C, Menesguen A, Tett P, Hoepffner N et Claussen U. 2011. Overview of eutrophication indicators to assess environmental status within the European Marine Strategy Framework Directive. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 93, 117-131.
- ⁷⁵ Beaugrand G, Edwards M, Brander K, Luczak C et Ibanez F. 2008. Causes and projections of abrupt climate-driven ecosystem shifts in the North Atlantic. *Ecological Letter*, 11, 1157-1168.
- ⁷⁶ Lefebvre A, Guiselin N, Barbet F et Artigas L. 2011. Long-term hydrological and phytoplankton monitoring (1992-2007) of three potentially eutrophicated systems in the eastern English Channel and the southern bight of the North Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 68(10), 2029-2043.

11. Annexes

11.1. Détails du script d'évaluation à partir des données issu des images satellite et des modèles.

Le code qui effectue l'évaluation des eaux du large à partir des données issues des images satellites et de la modélisation s'articule autour de 2 scripts. Le premier script extrait et synthétise les données stockées dans les fichiers raster⁷⁷ de sortie de modèle ou d'analyse d'image satellite (format numérique GeoTiff ou NetCDF); le deuxième effectue l'évaluation des critères vis-à-vis des seuils sélectionnés, l'intégration et l'agrégation spatiale des critères pour obtenir l'évaluation du descripteur 5.

1 - Le script d'extraction et de synthèse des données : les différentes étapes

- Création de la liste des shapefiles⁷⁸ contenant les UGE géoréférencées (1 shapefile par SRM et taille de maille = 8 shapefiles) à partir du répertoire dans lequel les fichiers sont stockés sur l'ordinateur,
- Création de la liste des années et des mois à traiter (en fonction du paramètre : voir tableau 19),
- Boucle d'appel du shapefile (SRM) à traiter,
- Boucle listant les fichiers raster à traiter (stocké sur le PC) en fonction du paramètre, des années et des mois correspondant,
- Compilation des rasters précédemment listés avec la fonction "stack" ou "brick",
- Extraction des données contenues dans les rasters par UGE avec la fonction "extract" : à ce stade on obtient des listes de données correspondant à des groupes de valeurs du paramètre par UGE et période d'évaluation,
- Suppression des données négatives (correspondant aux données continentales ou de couverture nuageuse),
- Calcul de l'indice (P90, P10, médiane etc.) par UGE avec la fonction "lapply",
- Création d'un tableau (data.frame) contenant les résultats de l'analyse précédente et les référence des UGE associées (extraites du shapfile),
- Fusion du shapefile et du tableau précédemment créé avec la fonction "merge",
- Écriture et sauvegarde du nouveau shapfile contenant les résultats de calcul d'indice par UGE avec la fonction "writeSpatialShape".

⁷⁷ Données images où l'espace est divisé de manière régulière (en petits rectangles); à chaque petit rectangle (pixel) sont associées une ou plusieurs valeurs décrivant les caractéristiques de l'espace.

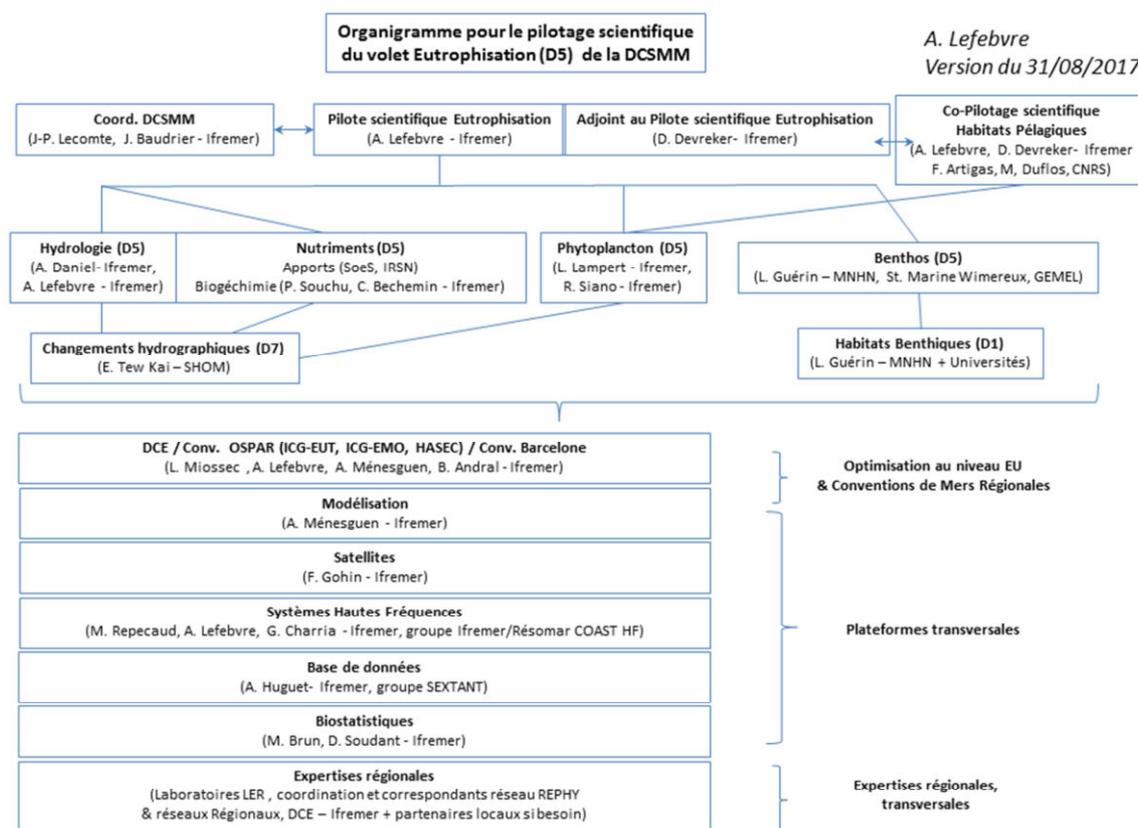
⁷⁸ Format de fichier vectoriel pour les systèmes d'informations géographiques (SIG).

2 - Le script effectuant l'évaluation des critères et du descripteur 5 : les différentes étapes

- Création de la liste des variables qui seront utilisé : les différentes SRM, les zones (intermédiaire et large) et les shapefiles contenant les résultats de calcul par paramètres qui seront récupérés dans l'arborescence de stockage créée à la fin du script 1,
- Début des 2 boucles de calcul imbriquées : première boucle pour la SRM, deuxième boucle pour la zone (8 cycles au total),
- Création de la liste des seuils par paramètre, SRM et zone,
- Classification des paramètres par UGE en fonction des seuils : 2 états possibles -> "+" (dépassement du seuil) ou "-" (non dépassement du seuil),
- Sauvegarde des résultats de la classification des différents paramètres dans un tableau (par SRM et zone) contenant également les références des UGE associées,
- Intégration des résultats de classification par la méthode décrite dans le rapport (Tableau 20) : les paramètres en état "+" appartenant à un critère primaire reçoivent un score de 2 et ceux appartenant à un critère secondaire un score de 1; les paramètres en état "-" reçoivent un score de 0. La somme des scores est effectuée par UGE, si elle dépasse ou égale 3 (voir tableau 6), les unités sont considérées comme n'ayant pas atteint le BEE ("non BEE"), les autres sont considérées comme ayant atteint le BEE ("BEE"). Ces résultats ("BEE"/"non BEE") sont ajoutés au tableau de l'étape précédente,
- Ajout d'une colonne au tableau contenant un indice de confiance: nombre de critère réellement utilisé pour effectuer les calculs d'intégrations par rapport au nombre maximum de critère pertinent du D5 pour effectuer ces calculs,
- Ajout d'une colonne au tableau contenant la superficie des UGE calculée à partir des shapfiles,
- Calcul par SRM et zone de la superficie en état "BEE" et "non BEE", sauvegarde d'un tableau avec le résultat du calcul,
- Fusion des shapefiles et des tableaux de résultats correspondant avec la fonction "merge" et sauvegarde du shapefile obtenu,
- Cartographie des shapfiles avec en vert les UGE en "BEE" et en rouge celles en "non BEE".

Cette méthode permet d'obtenir les superficies (et le pourcentage) des SRM dans chaque état et le détail des évaluations par UGE et paramètres (stocké dans les shapefiles de la dernière étape).

11.2. Liste des experts et organismes impliqués à plusieurs niveaux de l'évaluation du descripteur 5.



NOM Prénom	Organisme	Email	Niveau d'intervention dans l'évaluation	Remarques
DUBOIS Aurélie	SOeS	aurelie.dubois@developpement-durable.gouv.fr	Evaluation des flux terrestre en nutriment	sera remplacée au 15/09/2017 par Didier EUMONT (didier.eumont@developpement-durable.gouv.fr)
BALLU Sylvain	CEVA	sylvain.ballu@ceva.fr	Evaluation et expertise du critère D5C6	
BRUN Mélanie	Ifremer	Melanie.Brun@ifremer.fr	Evaluation des critères en zone côtière	
SOUDANT Dominique	Ifremer	Dominique.Soudant@ifremer.fr	Expertise sur définition des seuils et des critères	
MIOSSEC Laurence	Ifremer	Laurence.Miossec@ifremer.fr	Expertise sur méthodes d'agrégation/intégration	sera remplacé par TIXIER Céline début septembre 2017 (Celine.Tixier@ifremer.fr)
BUCHET Rémi	Ifremer	Remi.Buchet@ifremer.fr	Expertise sur méthodes d'agrégation/intégration	
TRUT Gilles	Ifremer	Gilles.Trut@ifremer.fr	Expertise écosystème côtier SRM GdG	
BOUCHOUCHA Marc	Ifremer	Marc.Bouchoucha@ifremer.fr	Expertise écosystème côtier SRM MO	
MENET-NEDELEC Florence	Ifremer	Florence.Menet@ifremer.fr	Expertise écosystème côtier SRM MMN	
MENESGUEN Alain	Ifremer	Alain.Menesguen@ifremer.fr	Expertise modélisation et définition des seuils	Départ prévu dans les prochaines années, remplacement incertain
BELIN Catherine	Ifremer	Catherine.Belin@ifremer.fr	Expertise phytoplancton	
GOHIN Francis	Ifremer	Francis.Gohin@ifremer.fr	Expertise image satellite	Départ prévu dans les prochaines années, remplacement incertain
DESROY Nicolas	Ifremer	Nicolas.Desroy@ifremer.fr	Expertise sur critère D5C7	
GAEVART François	USTL	francois.gevaert@univ-lille1.fr	Expertise sur critère D5C6 et D5C7 (SRM MMN)	

11.3. Résultats numériques du calcul des indicateurs

Les fichiers comprenant les résultats numériques d'évaluation étant beaucoup trop volumineux, il n'est pas possible de les fournir au format papier. Ils seront disponibles via un site dédié, à définir.

11.4. Détail de l'évaluation pour les masses d'eau côtières

Le résultat de l'évaluation pour les différents critères du descripteur 5, l'atteinte ou non du BEE ainsi que les scores et indices de confiance sont donnés pour chacune des masses d'eau côtières de la métropole française évaluée au titre de la DCSMM. Un signe '-' signifie l'atteinte du bon état pour le critère, '+' la non atteinte du bon état, 'Not. Eval.' que le critère n'a pas été évalué par faute de données suffisantes et 'Non Pertinent' que le calcul du critère n'est pas pertinent pour cette masse d'eau.

11.4.1. Masses d'eau côtières de la SRM MMN

MEC	D5C1 (N)	D5C1 (P)	D5C2	D5C4	D5C5	D5C6	D5C7	BEE	SumScore	IndiceConf	Area (km ²)
AC01	-	Not Eval.	+	-	-	-	Non Eval.	BEE	2.00	5/8	65.95
AC02	Not Eval.	Not Eval.	+	-	-	-	+	BEE	3.00	5/8	144.15
AC03	-	Not Eval.	-	-	-	-	+	BEE	1.00	6/8	25.23
AC04	Not Eval.	Not Eval.	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	-	Non Eval.	BEE	0.00	1/8	36.00
AC05	+	Not Eval.	-	-	-	-	Non Eval.	BEE	2.00	5/8	234.18
HC01	-	Not Eval.	-	-	-	Non Pertinent	+	BEE	1.00	5/7	106.13
HC02	+	Not Eval.	-	-	-	-	Non Pertinent	BEE	2.00	5/7	330.72
HC03	+	Not Eval.	-	-	-	-	+	BEE	3.00	6/8	323.13
HC04	-	Not Eval.	-	-	-	-	-	BEE	0.00	6/8	168.77
HC05	Not Eval.	Not Eval.	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.		0/8	51.07
HC07	Not Eval.	Not Eval.	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	-	Non Eval.	BEE	0.00	1/8	45.05
HC08	-	Not Eval.	-	-	-	+	Non Eval.	Non BEE	1.00	5/8	31.96
HC09	-	Not Eval.	-	-	-	-	+	BEE	1.00	6/8	131.91
HC10	-	Not Eval.	-	-	-	-	-	BEE	0.00	6/8	117.55
HC11	-	Not Eval.	-	-	-	-	Non Eval.	BEE	0.00	5/8	59.07
HC12	-	Not Eval.	-	-	-	+	Non Eval.	Non BEE	1.00	5/8	45.00
HC13	+	Not Eval.	-	-	-	+	+	Non BEE	4.00	6/8	40.05
HC14	+	Not Eval.	-	-	-	-	Non Pertinent	BEE	2.00	5/7	39.62
HC15	+	Not Eval.	-	-	-	-	Non Pertinent	BEE	2.00	5/7	51.33
HC16	+	Not Eval.	+	-	-	Non Eval.	Non Eval.	BEE	4.00	4/8	57.12
HC17	Not Eval.	Not Eval.	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.		0/8	132.16
HC18	-	Not Eval.	-	-	-	Non Eval.	+	BEE	1.00	5/8	100.36
HC60	-	Not Eval.	-	-	-	Non Pertinent	Non Pertinent	BEE	0.00	4/6	64.71
HC61	Not Eval.	Not Eval.	-	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	BEE	0.00	1/8	15.95

11.4.2. Masses d'eau côtières de la SRM MC

MEC	D5C1 (N)	D5C1 (P)	D5C2	D5C4	D5C5	D5C6	D5C7	BEE	SumScore	IndiceConf	Area (km ²)
GC01	+	Non Eval.	-	-	-	-	Non Pertinent	BEE	2.00	5/7	127.79
GC03	-	Non Eval.	-	-	-	-	-	BEE	0.00	6/8	255.07
GC05	+	Non Eval.	-	-	-	+	-	Non BEE	3.00	6/8	265.65
GC06	Non Eval.	-	Non Eval.	BEE	0.00	1/8	530.51				
GC07	+	Non Eval.	-	-	-	Non Eval.	-	BEE	2.00	5/8	373.21
GC08	-	Non Eval.	-	-	-	Non Eval.	-	BEE	0.00	5/8	219.41
GC09	Non Eval.	-	Non Eval.	BEE	0.00	1/8	242.87				
GC10	-	Non Eval.	-	-	-	+	+	Non BEE	2.00	6/8	38.35
GC11	+	Non Eval.	-	-	-	Non Eval.	-	BEE	2.00	5/8	45.27
GC12	Non Eval.	+	Non Eval.	Non BEE	1.00	1/8	434.61				
GC13	Non Eval.	-	-	BEE	0.00	2/8	185.66				
GC16	-	Non Eval.	-	-	-	Non Eval.	-	BEE	0.00	5/8	217.97
GC17	Non Eval.	Non Eval.		0/8	373.13						
GC18	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	-	Non Eval.	Non Eval.	-	BEE	0.00	2/8	1320.54
GC20	-	Non Eval.	-	-	-	+	-	Non BEE	1.00	6/8	243.30

11.4.3. Masses d'eau côtières de la SRM GdG

MEC	D5C1 (N)	D5C1 (P)	D5C2	D5C4	D5C5	D5C6	D5C7	BEE	SumScore	IndiceConf	Area (km ²)
FC01	-	Non Eval.	-	-	-	-	-	BEE	0.00	6/8	64.93
FC02	-	Non Eval.	-	-	-	-	-	BEE	0.00	6/8	210.38
FC03	Non Eval.	-	Non Eval.	BEE	0.00	1/8	157.55				
FC05	Non Eval.	Non Pertinent	Non Pertinent	Non Eval.	0.00	0/6	205.24				
FC06	-	Non Eval.	-	-	-	Non Pertinent	+	BEE	1.00	5/7	148.38
FC07	-	Non Eval.	-	-	-	Non Pertinent	Non Pertinent	BEE	0.00	4/6	66.02
FC08	-	Non Eval.	-	-	-	Non Pertinent	Non Pertinent	BEE	0.00	4/6	216.71
FC09	-	Non Eval.	-	-	-	Non Pertinent	Non Pertinent	BEE	0.00	4/6	1.08
FC10	Non Eval.	Non Pertinent	Non Pertinent	Non Eval.	0.00	0/6	19.87				
FC11	-	Non Eval.	-	-	-	Non Pertinent	-	BEE	0.00	5/7	54.08
GC24	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/8	478.79					
GC26	Non Eval.	-	BEE	0.00	1/8	236.58					
GC28	-	Non Eval.	-	-	-	Non Eval.	-	BEE	0.00	5/8	626.10
GC29	Non Eval.	+	-	Non BEE	1.00	2/8	72.87				
GC32	Non Eval.	+	-	Non BEE	1.00	2/8	84.02				
GC33	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/8	155.98					
GC34	-	Non Eval.	-	-	-	-	-	BEE	0.00	6/8	137.54
GC35	-	Non Eval.	-	-	-	-	-	BEE	0.00	6/8	219.70
GC36	-	Non Eval.	-	-	-	Non Eval.	-	BEE	0.00	5/8	103.68
GC37	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/8	161.62					
GC38	Non Eval.	-	BEE	0.00	1/8	335.73					
GC39	-	Non Eval.	-	-	-	+	-	Non BEE	1.00	6/8	103.71
GC42	-	Non Eval.	-	-	-	Non Eval.	-	BEE	0.00	5/8	494.88
GC44	-	Non Eval.	+	-	-	-	+	BEE	3.00	6/8	152.73
GC45	-	Non Eval.	-	-	-	-	-	BEE	0.00	6/8	538.92
GC46	-	Non Eval.	-	-	-	-	-	BEE	0.00	6/8	428.38
GC47	-	Non Eval.	-	-	-	-	-	BEE	0.00	6/8	390.39
GC48	-	Non Eval.	-	-	-	Non Eval.	+	BEE	1.00	5/8	336.21
GC49	Non Eval.	-	Non Eval.	BEE	0.00	1/8	305.09				
GC50	-	Non Eval.	-	-	Non Eval.	Non Eval.	+	BEE	1.00	4/8	527.85
GC51	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/8	233.73					
GC52	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/8	303.65					
GC53	+	Non Eval.	-	-	-	-	+	BEE	3.00	6/8	325.26
GC54	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/8	234.52					

11.4.4. Masses d'eau côtières de la SRM MO

MEC	D5C1 (N)	D5C1 (P)	D5C2	D5C4	D5C5	D5C6	D5C7	BEE	SumScore	IndiceConf	Area (km ²)
DC01	Non Eval.	Non Pertinent	+	BEE	1.00	1/7	37.23				
DC02A	Non Eval.	Non Eval.	-	-	-	Non Pertinent	Non Pertinent	BEE	0.00	3/6	152.14
DC02B	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	Unevaluated	0.00	0/7	41.87				
DC02C	Non Eval.	Non Eval.	-	-	Non Eval.	Non Pertinent	+	BEE	1.00	3/7	15.81
DC02D	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	Unevaluated	0.00	0/7	26.95				
DC02E	Non Eval.	Non Eval.	-	-	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	BEE	0.00	2/7	17.63
DC02F	Non Eval.	Non Eval.	-	-	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	BEE	0.00	2/7	138.86
DC04	Non Eval.	Non Eval.	-	-	Non Eval.	Non Pertinent	+	BEE	1.00	3/7	147.16
DC05	Non Eval.	Non Eval.	-	Non Eval.	Non Eval.	Non Pertinent	+	BEE	1.00	2/7	137.40
DC06A	Non Eval.	Non Pertinent	+	BEE	1.00	1/7	31.48				
DC06B	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	-	Non Eval.	Non Pertinent	+	BEE	1.00	2/7	140.52
DC07A	Non Eval.	Non Eval.	-	Non Eval.	Non Eval.	Non Pertinent	+	BEE	1.00	2/7	21.33
DC07B	Non Eval.	Non Eval.	-	Non Eval.	Non Eval.	Non Pertinent	-	BEE	0.00	2/7	140.93
DC07C	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/7	55.30				
DC07D	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/7	27.69				
DC07E	Non Eval.	Non Eval.	-	-	Non Eval.	Non Pertinent	-	BEE	0.00	3/7	56.83
DC07F	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/7	169.76				
DC07G	Non Eval.	Non Eval.	-	-	Non Eval.	Non Pertinent	-	BEE	0.00	3/7	35.47
DC07H	Non Eval.	Non Eval.	-	-	Non Eval.	Non Pertinent	-	BEE	0.00	3/7	355.05
DC07I	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/7	76.89				
DC07J	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/7	211.22				
DC08A	Non Eval.	Non Pertinent	-	BEE	0.00	1/7	85.17				
DC08B	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/7	26.61				
DC08C	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/7	31.62				
DC08D	Non Eval.	Non Eval.	-	Non Eval.	Non Eval.	Non Pertinent	-	BEE	0.00	2/7	70.35
DC08E	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/7	108.05				
DC09A	Non Eval.	Non Eval.	-	Non Eval.	Non Eval.	Non Pertinent	+	BEE	1.00	2/7	6.69
DC09B	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	-	Non Eval.	Non Pertinent	+	BEE	1.00	2/7	93.06
DC09C	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/7	11.53				
DC09D	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	-	Non Eval.	Non Pertinent	+	BEE	1.00	2/7	1.76
DC10A	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/7	29.73				
DC10C	Non Eval.	Non Eval.	Non Eval.	-	Non Eval.	Non Pertinent	+	BEE	1.00	2/7	20.47
EC01AB	Non Eval.	Non Eval.	-	-	Non Eval.	Non Pertinent	-	BEE	1.00	3/7	301.71
EC01C	Non Eval.	Non Pertinent	+	BEE	1.00	1/7	29.27				
EC01D	Non Eval.	Non Pertinent	-	BEE	0.00	1/7	43.68				
EC01E	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/7	48.01				
EC02AB	Non Eval.	Non Eval.	-	-	Non Eval.	Non Pertinent	-	BEE	0.00	3/7	74.62
EC02C	Non Eval.	Non Eval.	-	-	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	BEE	0.00	2/7	50.06
EC02D	Non Eval.	Non Eval.	-	-	Non Eval.	Non Pertinent	-	BEE	0.00	3/7	177.33
EC03AD	Non Eval.	Non Eval.	-	-	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	BEE	0.00	2/7	248.87
EC03B	Non Eval.	Non Pertinent	+	BEE	1.00	1/7	11.51				
EC03C	Non Eval.	Non Pertinent	-	BEE	0.00	1/7	3.29				
EC03EG	Non Eval.	Non Eval.	-	-	Non Eval.	Non Pertinent	-	BEE	0.00	3/7	231.79
EC03F	Non Eval.	Non Pertinent	Non Eval.	Non Eval.	0.00	0/7	0.29				
EC04AC	Non Eval.	Non Eval.	-	Non Eval.	Non Eval.	Non Pertinent	-	BEE	0.00	2/7	727.60
EC04B	Non Eval.	Non Pertinent	-	BEE	0.00	1/7	160.62				

11.5. Fiches indicateurs

- Fiche Indicateurs Nutriment
- Fiche Indicateur Chlorophylle-*a*
- Fiche Indicateur Transparence
- Fiche Indicateur Oxygène
- Fiche Indicateurs Macroalgues Opportuniste
- Fiche Indicateur Macroalgues Pérennes Intertidales
- Fiche Indicateur Macroalgues Pérennes Subtidales
- Fiche Indicateur Herbiers Pérennes

