



INDICATEUR PHYTOPLANCTON

Maud Lemoine¹, Catherine Belin¹ et Dominique Soudant¹

¹ IFREMER, VIGIES, Nantes

Résumé

L'indicateur phytoplancton est actuellement composé de deux indices (biomasse et abondance) ; un troisième indice (composition) est en cours d'étude. L'indice biomasse est évalué par les mesures de chlorophylle-a. L'indice abondance est évalué par les développements importants du phytoplancton (blooms) en termes de quantité de cellules.

Cet indicateur répond principalement à l'enrichissement en éléments nutritifs qui conduit à des développements de la biomasse ou des blooms de phytoplancton, plus ou moins importants selon les caractéristiques de la masse d'eau, notamment la turbidité et l'hydrodynamisme. A ce jour, une relation est établie entre cet indicateur et un indicateur de pression anthropique basé sur les types d'occupation du sol dans la bande côtière susceptibles de générer des apports en éléments nutritifs au milieu côtier ; cet indice de pression prend également en compte les apports d'eau douce ainsi que le confinement de la masse d'eau (morphologie de la côte).

Rappel des définitions normatives du bon état écologique (Annexe V de la DCE)

Les paramètres biologiques à prendre en compte pour l'évaluation écologique sont les suivants :

- **composition et abondance des taxa phytoplanctoniques**
- **biomasse**
- **fréquence et intensité de l'efflorescence planctonique**

Historique au niveau français

Le cadrage fait par la circulaire DCE 2007/20 en termes de sites concernés, de période et de fréquence d'échantillonnage, a été la base de la restructuration ou de l'adaptation des réseaux de surveillance concernés par l'élément de qualité phytoplancton. Un réseau national a été retenu pour acquérir les données nécessaires à l'évaluation pour les eaux côtières de Méditerranée : REPHY (renommé en 2016 Réseau d'Observation et de Surveillance du Phytoplancton et de l'Hydrologie dans les eaux littorales),.

La caractérisation des paramètres et des métriques constituant l'indicateur phytoplancton (avec ses trois indices : biomasse, abondance et composition) a tout d'abord été discutée au sein d'un groupe de travail *ad hoc* piloté par Ifremer en 2004 et 2005. Les propositions françaises ont ensuite été portées dans les réunions et échanges avec le GIG-MED (Groupe européen d'Intercalibration Géographique Méditerranée), qui ont eu lieu entre 2007 et 2016.

Le seul indice retenu pour l'intercalibration est la biomasse du phytoplancton, évalué par les mesures de chlorophylle-a : en effet, la chlorophylle-a est présente dans une très grande majorité de cellules phytoplanctoniques, elle est simple à mesurer, et elle traduit bien la biomasse du phytoplancton tout en étant complémentaire de l'information apportée par le dénombrement des espèces. La métrique proposée initialement par la France et retenue pour l'intercalibration est le Percentile 90 (P90). Les seuils et les valeurs de référence ayant fait consensus lors des réunions du GIG-MED ont été utilisés jusqu'en 2016

inclus. Des modifications ont été introduites en 2017 dans les conclusions du 3^{ème} round de l'intercalibration : elles impactent les seuils mais aussi les valeurs de référence.

Le paramètre et la métrique retenus pour l'indice abondance, n'ont pas été discutés dans les réunions du GIG-MED, mais ils ont été conservés pour le calcul de l'indicateur phytoplancton français, en plus de l'indice biomasse. Cet indice abondance utilise la notion d'efflorescence phytoplanctonique (bloom), et complète avantageusement l'information donnée par la chlorophylle-a, en ciblant sur la partie du micro-phytoplancton identifiable au microscope. La métrique utilisée est le pourcentage d'échantillons pour lesquels au moins un taxon dépasse un seuil de bloom, défini de façon différente selon qu'il s'agit de grandes ou de petites cellules phytoplanctoniques (respectivement 100 000 et 250 000 cellules par litre).

L'indice composition n'a jamais été discuté dans les réunions du GIG-MED. En France une étude Ifremer / ONEMA a permis de décrire un indice composition basé sur la diversité pigmentaire mesurée par HPLC (Goffart & Andral, 2014). Le traitement des résultats collectés depuis, en particulier dans les eaux corses, aboutira fin 2018 à une description détaillée d'un indice de composition basé sur la composition pigmentaire (étude Ifremer / AFB 2018).

Typologies

Les types français sont regroupés dans les quatre types européens définis lors de l'intercalibration pour les eaux côtières. Les correspondances sont indiquées ci-dessous.

Types européens (eaux côtières)	Masses d'eau et typologies françaises correspondantes
I : masses d'eau sous forte influence des apports d'eau douce (salinité < 34.5)	concerne une seule masse d'eau proche du Rhône : FRDC04 (Golfe de Fos), présentant une typologie spécifique à cette masse d'eau
II A : masses d'eau modérément influencées par les apports d'eau douce (salinité comprise entre 34.5 et 37.5)	concerne les masses d'eaux à l'ouest du Rhône correspondant à la typologie «côte sableuse languedocienne » (soit FRDC02a à DC02f incluses), plus la Côte bleue (FRDC05) correspondant à une typologie spécifique à cette masse d'eau
III W : masses d'eau non affectées par les apports d'eau douce (salinité > 37.5)	concerne les masses d'eaux situées à l'est de la Côte bleue (soit FRDC06a à DC10c incluses, décrites dans quatre typologies françaises spécifiques à la région), plus Banyuls (FRDC01) dont la typologie (côte rocheuse) est beaucoup plus proche de la côte catalane que de la côte sableuse du Roussillon et du Languedoc.
Iles	concerne toutes les masses d'eau côtières de la Corse, soit FREC01ab à FREC04ac

Il faut ajouter à cela un type français, non défini au niveau européen : le type « delta », concernant trois masses d'eau de transition dans le Bras du Rhône : FRDT19, DT20 et DT21.

Jeu de données utilisé

Le jeu de données utilisé en 2017 pour les évaluations de la période 2012-2016 comprend 23 points échantillonnés dans 23 masses d'eau côtières, et 1 point échantillonné dans une masse d'eau de transition de type delta. Les données correspondantes ont été collectées selon les méthodes prescrites par Belin & Neaud-Masson (2017), Daniel & Lampert (2016), Neaud-Masson (2015). Les données prises en compte pour l'évaluation sont : une fois par mois toute l'année, pour la chlorophylle-a et le phytoplancton.

Code ME	Libellé ME	Typologie ME française	Typologie européenne	ME	Nombre de points
FRDC02a	Racou Plage - Embouchure de l'Aude	C19 - Cote sableuse languedocienne	EC Méditerranée type 2A		1
FRDC02c	Cap d'Agde	C19 - Cote sableuse languedocienne	EC Méditerranée type 2A		1
FRDC02e	De Sète à Frontignan	C19 - Cote sableuse languedocienne	EC Méditerranée type 2A		1
FRDC02f	Frontignan - Pointe de l'Espiguette	C19 - Cote sableuse languedocienne	EC Méditerranée type 2A		1
FRDT21	Delta du Rhône	T12 - Bras du Rhône	ET Méditerranée type delta		1
FRDC04	Golfe de Fos	C20 - Golfe de Fos et Rade de Marseille	EC Méditerranée type 1		1
FRDC05	Côte Bleue	C21 - Côte Bleue	EC Méditerranée type 2A		1
FRDC07a	iles de Marseille hors Frioul	C22 - Des calanques de Marseille à la Baie de Cavalaire	EC Méditerranée type 3W		1
FRDC07b	Cap croisette - Bec de l'Aigle	C22 - Des calanques de Marseille à la Baie de Cavalaire	EC Méditerranée type 3W		1
FRDC07e	Ilot Pierreplane - Pointe du Gaou	C22 - Des calanques de Marseille à la Baie de Cavalaire	EC Méditerranée type 3W		1
FRDC07g	Cap Cepet - Cap de Carqueiranne	C22 - Des calanques de Marseille à la Baie de Cavalaire	EC Méditerranée type 3W		1
FRDC07h	Iles du Soleil	C22 - Des calanques de Marseille à la Baie de Cavalaire	EC Méditerranée type 3W		1
FRDC08d	Ouest Fréjus - Pointe de la Galère	C24 - Du golfe de Saint-Tropez à Cannes et littoral Ouest de la Corse	EC Méditerranée type 3W		1
FRDC09a	Cap d'Antibes - Sud port Antibes	C25 - Baie des Anges et environs	EC Méditerranée type 3W		1
FRDC09b	Port Antibes - Port de commerce de Nice	C25 - Baie des Anges et environs	EC Méditerranée type 3W		1
FRDC09d	Cap d'Antibes - Cap Ferrat	C25 - Baie des Anges et environs	EC Méditerranée type 3W		1
FRDC10c	Monte Carlo- Frontière italienne	C24 - Du golfe de Saint-Tropez à Cannes et littoral Ouest de la Corse	EC Méditerranée type 3W		1
FREC01ab	Pointe Palazzu - Sud Nonza	C23 - Littoral Nord-ouest de la Corse	EC Méditerranée type Iles		1
FREC02ab	Cap Est de la Corse	C26 - Cote sableuse Est Corse	EC Méditerranée type Iles		1
FREC02c	Littoral Bastiais	C26 - Cote sableuse Est Corse	EC Méditerranée type Iles		1
FREC02d	Plaine Orientale	C26 - Cote sableuse Est Corse	EC Méditerranée type Iles		1
FREC03ad	Littoral Sud Est de la Corse	C18 - Côte rocheuse languedocienne et du Sud de la Corse	EC Méditerranée type Iles		1
FREC03eg	Littoral Sud Ouest de la Corse	C18 - Côte rocheuse languedocienne et du Sud de la Corse	EC Méditerranée type Iles		1
FREC04ac	Pointe Senetosa - Pointe Palazzu	C24 - Du golfe de Saint-Tropez à Cannes et littoral Ouest de la Corse	EC Méditerranée type Iles		1

Métriques

Métrique 1 – Biomasse : Percentile 90 des mesures de chlorophylle-a sur six ans, en µg/l de chl-a
Métrique 2 – Abondance : % d'échantillons avec bloom d'un taxon unique, sur six ans. Un bloom est défini par un nombre de cellules/L > 100 000 (grandes cellules > 20 µm) ou > 250 000 (petites cellules < 20 µm)
La métrique pour l'indicateur intégré phytoplancton correspond à la moyenne des EQR des deux indices biomasse et abondance

Indicateur et grille de qualité

Les tableaux de cette partie présentent les grilles de qualité, en valeur de l'indice et en EQR, de la façon suivante :

- état des grilles à la date de l'arrêté du 27 juillet 2015, utilisées jusqu'en 2016 inclus dans les évaluations
- pour les indices intercalibrés : modifications éventuellement apportées au terme du 3^{ème} round de l'intercalibration, et inscrites dans l'annexe de la décision à venir de la Commission européenne (décembre 2017)
- état des grilles qui seront utilisées à partir de 2017

Lorsque l'intercalibration n'a pas pu se dérouler, ou qu'elle ne modifie pas les valeurs seuils et les références, la réglementation en place n'est pas à modifier.

Biomasse – chlorophylle-a

Les valeurs de référence et les grilles de qualité ont été établies en France à dire d'expert à partir des données disponibles avant 2007, puis ont fait l'objet d'un consensus à dire d'expert lors des travaux d'intercalibration européenne du 1^{er} round (2006-2008). Lors du 3^{ème} round de l'intercalibration européenne, certaines grilles et valeurs de référence ont été modifiées pour la chlorophylle-a (elles sont indiquées en rouge dans le tableau). Les seuils de l'indice sont en µg par litre.

ME côtières Type I et ME de transition de Type Delta

Référence : 3,33 µg/L

Indice CHLA Arrêté évaluation 27 juillet 2015	EQR CHLA Arrêté évaluation 27 juillet 2015	Indice CHLA après le 3 ^e round d'intercalibration	EQR CHLA après le 3 ^e round d'intercalibration	Classe
[0 - 5]	[1,00 - 0,67]	Il n'y a pas de travaux européens d'intercalibration pour raisons justifiées.		Très Bon
]5 - 10]	]0,67 - 0,33]			Bon
]10– 20]	]0,33 - 0,17]			Moyen
]20 - 40]	]0,17 - 0,08]			Médiocre
> 40	]0,08 – 0,00]			Mauvais

ME côtières Type II A

Référence : 1,90 µg/L, **devenue 1.29 µg/L en 2017**, suite aux modifications concomitantes sur les seuils de l'indice et sur les EQRs. La modification de la valeur de référence modifie mécaniquement tous les EQRs, y compris ceux qui ne font pas partie de l'intercalibration (c'est-à-dire moyen/médiocre et médiocre/mauvais).

Indice CHLA Arrêté évaluation 27 juillet 2015	EQR CHLA Arrêté évaluation 27 juillet 2015	Indice CHLA après le 3 ^e round d'intercalibration	EQR CHLA après le 3 ^e round d'intercalibration	Classe
[0,0 – 2,4]	[1,00 - 0,79]	[0,00 – 1,92]	[1,00 - 0,67]	Très Bon
]2,4 – 3,6]	]0,79 - 0,53]	]1,92 – 3,50]	]0,67 - 0,37]	Bon
]3,6 – 7,2]	]0,53 - 0,26]	]3,50 – 7,20]	]0,37 - 0,18]	Moyen
]7,2 – 14,4]	]0,26 - 0,13]	]7,20 – 14,40]	]0,18 - 0,09]	Médiocre
> 14,4	]0,13 – 0,00]	> 14,40	]0,09 – 0,00]	Mauvais

ME côtières Type III W

Référence : 0,90 µg/L, **devenue 0.79 µg/L en 2017**, suite aux modifications concomitantes sur les seuils de l'indice et sur les EQRs. La modification de la valeur de référence modifie mécaniquement tous les EQRs, y compris ceux qui ne font pas partie de l'intercalibration (c'est-à-dire moyen/médiocre et médiocre/mauvais).

Indice CHLA Arrêté évaluation 27 juillet 2015	EQR CHLA Arrêté évaluation 27 juillet 2015	Indice CHLA après le 3 ^e round d'intercalibration	EQR CHLA après le 3 ^e round d'intercalibration	Classe
[0,0 – 1,1]	[1,00 - 0,82]	[0,00 – 1,18]	[1,00 - 0,67]	Très Bon
]1,1 – 1,8]	]0,82 - 0,50]	]1,18 – 1,89]	]0,67 - 0,42]	Bon
]1,8 – 3,6]	]0,50 - 0,25]	]1,89 – 3,60]	]0,42 - 0,22]	Moyen
]3,6 – 7,2]	]0,25 - 0,12]	]3,60 – 7,20]	]0,22 - 0,11]	Médiocre
> 7,2	]0,12 – 0,00]	> 7,20	]0,11 – 0,00]	Mauvais

ME côtières Type IIes

Référence : 0,60 µg/L

Indice CHLA Arrêté évaluation 27 juillet 2015	EQR CHLA Arrêté évaluation 27 juillet 2015	Indice CHLA après le 3 ^e round d'intercalibration	EQR CHLA après le 3 ^e round d'intercalibration	Classe
[0,00 – 0,75]	[1,00 - 0,80]	Il n'y a pas de travaux européens d'intercalibration pour raisons justifiées.		Très Bon
]0,75 – 1,22]	]0,80 - 0,49]			Bon
]1,22 – 2,44]	]0,49 - 0,25]			Moyen
]2,44 – 4,88]	]0,25 - 0,12]			Médiocre
> 4,88	]0,12 – 0,00]			Mauvais

Abondance – Blooms

La valeur de référence et les seuils ont été définis à dire d'expert lors des travaux d'intercalibration européenne du 1^{er} round (2006-2008). La grille s'applique à tous les types. Ils restent valables à ce jour. La référence de 16,7 % correspond à deux blooms par an, ce qui représente le fonctionnement d'un écosystème phytoplanctonique en zone tempérée (un bloom au printemps, un autre en automne). Les seuils de l'indice sont en %.

ME côtières tous types, et ME de transition de type delta

Référence : 16,7 %

Indice Abondance Arrêté évaluation 27 juillet 2015	EQR Abondance Arrêté évaluation 27 juillet 2015	Indice Abondance après le 3 ^e round d'intercalibration	EQR Abondance après le 3 ^e round d'intercalibration	Classe
[0 - 20]	[1,00 - 0,84]	Il n'y a pas de travaux européens d'intercalibration pour raisons justifiées.		Très Bon
]20 - 39]	]0,84 - 0,43]			Bon
]39 - 70]	]0,43 - 0,24]			Moyen
]70 - 90]	]0,24 - 0,19]			Médiocre
> 90	]0,19 – 0,00]			Mauvais

Indicateur phytoplancton

Il est calculé en faisant la moyenne des EQR biomasse et abondance. Cet indicateur n'est pas intercalibré, mais certaines grilles ayant été modifiées pour la chlorophylle-a, cela entraîne mécaniquement des modifications dans le calcul de l'indicateur phytoplancton, indiquées dans les tableaux ci-dessous.

ME côtières Type I et ME de Type Delta

EQR Phyto Arrêté évaluation 27 juillet 2015	EQR Phyto après le 3 ^e round d'intercalibration	Classe
[1,00 - 0,75]	Inchangé	Très Bon
]0,75 - 0,38]	Inchangé	Bon
]0,38 - 0,20]	Inchangé	Moyen
]0,20 - 0,13]	Inchangé	Médiocre
]0,13 - 0,00]	Inchangé	Mauvais

ME côtières Type II A

EQR Phyto Arrêté évaluation 27 juillet 2015	EQR Phyto après le 3 ^e round d'intercalibration	Classe
[1,00 - 0,81]	[1,00 - 0,75]	Très Bon
]0,81 - 0,48]	]0,75 - 0,40]	Bon
]0,48 - 0,25]	]0,40 - 0,21]	Moyen
]0,25 - 0,16]	]0,21 - 0,14]	Médiocre
]0,16 - 0,00]	]0,14 - 0,00]	Mauvais

ME côtières Type III W

EQR Phyto Arrêté évaluation 27 juillet 2015	EQR Phyto après le 3 ^e round d'intercalibration	Classe
[1,00 - 0,83]	[1,00 - 0,75]	Très Bon
]0,83 - 0,46]	]0,75 - 0,42]	Bon
]0,46 - 0,24]	]0,42 - 0,23]	Moyen
]0,24 - 0,16]	]0,23 - 0,15]	Médiocre
]0,16 - 0,00]	]0,15 - 0,00]	Mauvais

ME côtières Type Iles

EQR Phyto Arrêté évaluation 27 juillet 2015	EQR Phyto après le 3 ^e round d'intercalibration	Classe
[1,00 - 0,82]	Inchangé	Très Bon
]0,82 - 0,46]	Inchangé	Bon
]0,46 - 0,24]	Inchangé	Moyen
]0,24 - 0,15]	Inchangé	Médiocre
]0,15 - 0,00]	Inchangé	Mauvais

Relations Pressions - Etat et diagnostic

L'enrichissement en éléments nutritifs conduit à des développements de la biomasse ou des blooms de phytoplancton, plus ou moins importants selon les caractéristiques de la masse d'eau, notamment la turbidité et l'hydrodynamisme : la turbidité limite les développements du phytoplancton ; un fort renouvellement des eaux n'est pas favorable à l'accumulation de biomasses ou à l'apparition de blooms.

Qualitativement

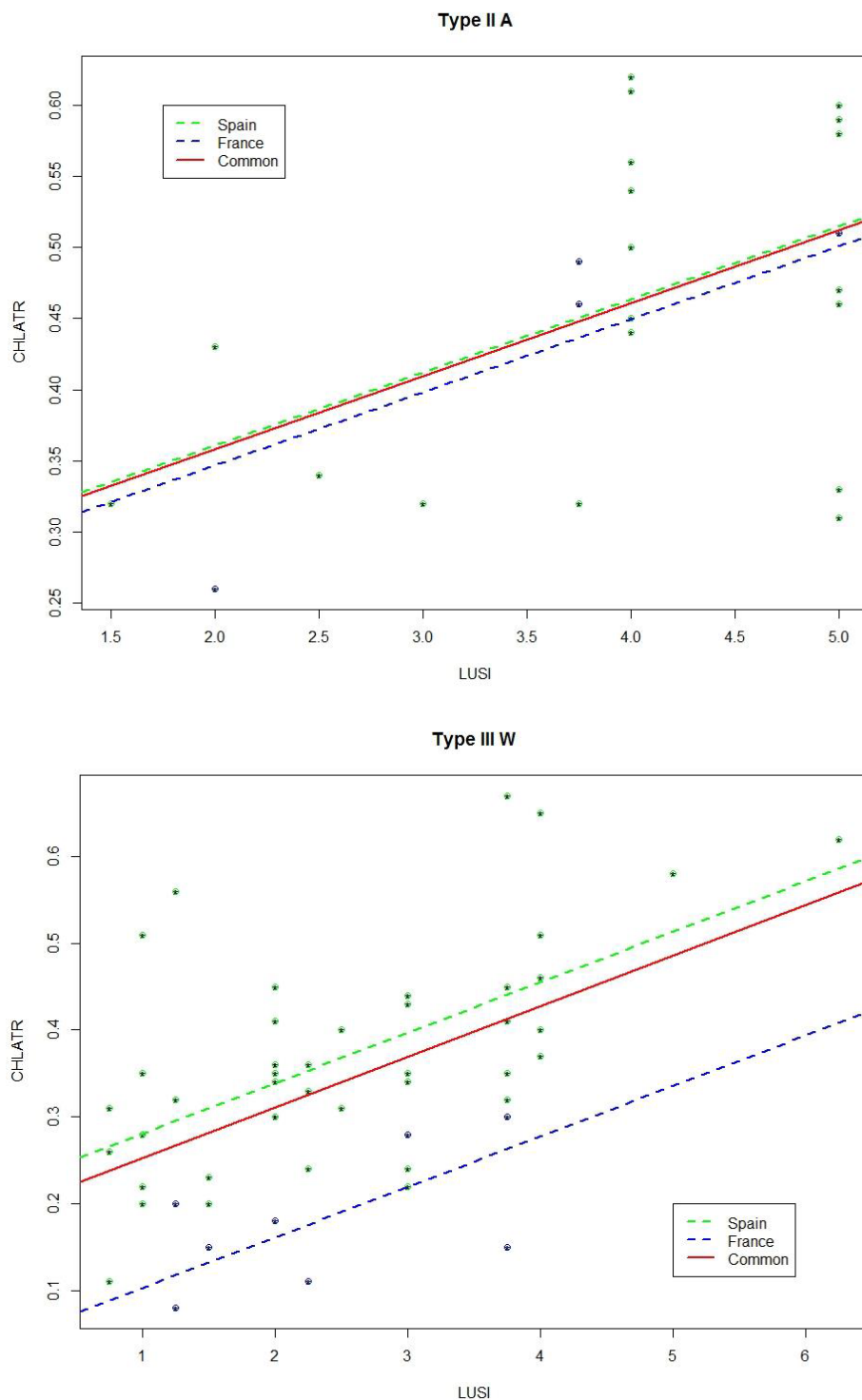
	Métrique 1. Biomasse	Métrique 2. Blooms
Turbidité	*	*
Eutrophisation	*	*

Relation Pressions-Etat

La sensibilité des métriques « biomasse » et « blooms » aux pressions anthropiques a été documentée au moyen de l'indice d'eutrophisation LUSI (Land Uses Simplified Index ; Flo *et al.*, 2011).

Cet indice est composé à partir de l'occupation du sol (pour la France : utilisation de données Corine Land Cover de 2006), dans une bande continentale de 1500 mètres à partir de la côte. Il prend également en compte les apports d'eau douce ainsi que le confinement de la masse d'eau (morphologie de la côte).

L'intercalibration de la Chlorophylle A avec l'Espagne, réalisée lors du 3^e round d'intercalibration, a utilisé une méthode d'évaluation par comparaisons de valeurs de chlorophylle A transformées par logarithme avec l'index LUSI (Flo *et al.*, 2015).



Les relations Etat-Pression par pays trouvées avec ces valeurs de chlorophylle récentes ont permis de mettre au point les nouvelles valeurs seuils et valeurs de référence.

L'indicateur phytoplancton pourra être complété avec le nouvel indice de composition basé sur la diversité pigmentaire. Les sites de référence ont été revus en 2017, car les résultats d'évaluation pour plusieurs de ceux qui avaient décrits auparavant étaient problématiques au regard de leur statut (Buchet, 2010 ; Belin *et al.*, 2014).

Références

- Belin C., Lamoureux A. & 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. Rapport DYNECO / VIGIES / 14-05, avril 2014.
- Tome 1 - Etat des lieux, méthodes et synthèse des Résultats
<http://envlit.ifremer.fr/content/download/81901/580117/version/3/file/Evaluation+DCE+phytoplancton+2007-2012++Tome+1.pdf>
 - Tome 2 - Résultats détaillés : fiches par masse d'eau et éléments d'expertise
<http://envlit.ifremer.fr/content/download/81902/580120/version/4/file/Evaluation+DCE+phytoplancton+2007-2012++Tome+2.pdf>
- Belin C. & Neaud-Masson N., 2017. Cahier de Procédures REPHY. Document de prescription. Version 1. Rapport ODE/VIGIES/17-01, janvier 2017
<http://envlit.ifremer.fr/content/download/83300/602862/file/Cahier+REPHY+2017.pdf>
- Buchet, 2010. Consolidation des conditions de référence pour les éléments de qualité biologiques impliqués dans l'évaluation des masses d'eau littorales. Rapport Ifremer/ODE/DYNECO/VIGIES, juin 2010.
- Daniel A. & Lampert L., 2016. Consignes pour le prélèvement d'échantillons d'eau en vue de mesures hydrologiques. Document de méthode hydrologie. Version 2. Rapport Ifremer ODE/DYNECO/PELAGOS/16-03. Novembre 2016.
http://envlit.ifremer.fr/content/download/83285/602681/version/10/file/doc_methode_hydrologie_prelevement_V2-novembre+2016.pdf
- Goffart A. & Andral B., 2014. Validation de l'indice de composition IC Medit dans des masses d'eau côtières méditerranéennes caractérisées par un gradient croissant d'eutrophisation. Convention Ifremer / Onema 2013. Action Indice Composition - Livrable n°B. Rapport final, juillet 2014. 33 p.
- Flo E., Garces E., Camps J., Buchet R., 2015. « Water Framework Directive 3rd intercalibration phase, Mediterranean geographical intercalibration group, Coastal waters, biological quality element phytoplankton, type II-a (Spain and France) and type III-w (France and Spain). Rapport intermédiaire, 19p.
- Neaud-Masson N., 2015. Observation et dénombrement du phytoplancton marin par microscopie optique photonique - Spécifications techniques et méthodologiques appliquées au REPHY. Document de méthode. R.INT.ODE/DYNECO/VIGIES/15-13. 54 p.
<http://envlit.ifremer.fr/content/download/82996/600020/version/8/file/REPHY-Manuel-Phytooct2015.pdf>