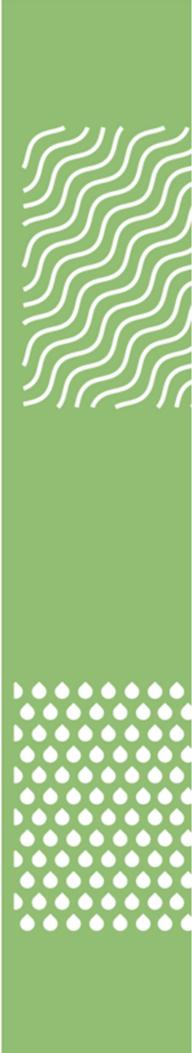




**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT

A vertical green bar on the left side of the page, featuring a white wavy pattern in the upper half and a white grid of dots in the lower half.

Recueil de besoins Développements en matière de surveillance et d'évaluation de l'état des milieux aquatiques continentaux, littoraux et marins dans le cadre des directives européennes

Version 3 (2019)

Date de dernière mise à jour: 11/07/2019

1.	PREAMBULE : PRESENTATION DU DOCUMENT	4
1.1	CONTEXTE ET OBJECTIFS	5
1.2	PERIMETRE DES BESOINS EXPRIMES DANS LE PRESENT DOCUMENT	5
1.2.1	Notion de « surveillance » des milieux aquatiques continentaux, littoraux et marins	5
1.2.2	Notion « d'évaluation » des milieux aquatiques	6
1.2.3	Nature des objets et des actions concernés par les besoins exprimés dans ce recueil	7
1.3	SE RETROUVER DANS LE DOCUMENT	8
2.	ACTIONS TRANSVERSALES ET NATIONALES	10
2.1	MONTEE EN COMPETENCES DES OPERATEURS DE LA SURVEILLANCE ET DE L'EVALUATION DES MILIEUX ET DES ECOSYSTEMES	11
2.2	MONTEE EN COMPETENCES DES OPERATEURS DE LA SURVEILLANCE ET DE L'EVALUATION ET DES GESTIONNAIRES EN DIAGNOSTIC ECOLOGIQUE DES MILIEUX AQUATIQUES CONTINENTAUX, LITTORAUX ET MARINS	12
3.	MILIEUX AQUATIQUES CONTINENTAUX	14
3.1	BESOINS RELATIFS A LA PHYSICO-CHIMIE ET AUX CONTAMINANTS CHIMIQUES	15
3.1.1	Soutien technique aux opérateurs de la surveillance et de l'évaluation chimique et physico-chimique	15
3.1.2	Veille et évaluation scientifique et technique pour la chimie et physico-chimie	20
3.2	BESOINS RELATIFS A L'HYDROBIOLOGIE	21
3.2.1	Soutien technique aux opérations de la surveillance règlementée	21
3.2.2	Soutien aux opérateurs de l'évaluation règlementée	21
3.3	BESOINS RELATIFS A L'HYDROMORPHOLOGIE	23
3.3.1	Appui aux autorités sur la stratégie nationale de surveillance	23
3.3.2	Soutien technique aux opérations de surveillance et de l'évaluation hydromorphologique	23
3.3.3	Veille et évaluation scientifique et technique pour l'hydromorphologie	24
3.4	BESOINS RELATIFS A LA SURVEILLANCE ET L'EVALUATION QUANTITATIVE DES EAUX SOUTERRAINES [ESO]	25
3.4.1	Mises en œuvre de méthodologies	25
3.4.2	Innovation, développement de nouvelles méthodologies	25
4.	MILIEUX LITTORAUX ET MARINS	26
4.1	BESOINS RELATIFS A LA SURVEILLANCE DES MILIEUX LITTORAUX ET MARINS EN APPUI AUX DIRECTIVES (DCE EAUX LITTORALES, DCSMM, DHFF ET DO)	27
4.1.1	Les nouvelles technologies pour l'observation des composantes des écosystèmes, des pressions anthropiques et des usages	27
4.1.2	Stratégies d'échantillonnage et spatialisation de la surveillance	29
4.2	BESOINS RELATIFS A L'EVALUATION DES MILIEUX LITTORAUX ET MARINS EN APPUI AUX DIRECTIVES (DCE EAUX LITTORALES, DCSMM, DHFF ET DO)	30

4.2.1	Veille et évaluation scientifique et technique pour la chimie et physico-chimie	30
4.2.2	Veille et évaluation scientifique et technique pour les différentes composantes des écosystèmes et les pressions qui s'y exercent	31
4.3	BESOINS RELATIFS A L'HYDROMORPHOLOGIE	36
4.3.1	Soutien technique aux opérations de surveillance et de l'évaluation hydromorphologique	36
4.3.2	Rôle des facteurs hydromorphologiques (pressions) dans la structure, la répartition et le fonctionnement des composantes biologiques	37
5.	ANNEXE	38



1. PREAMBULE : PRESENTATION DU DOCUMENT



1.1 Contexte et objectifs

Ce document est rédigé par l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) après consultation des représentants désignés de la Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB), des Agences et Offices de l'eau, des Directions Interrégionales de la mer (DIRM) et des Directions (Régionales) de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement (DREAL et DEAL).

Les besoins en termes d'outils ou d'appuis aux politiques de préservation des milieux aquatiques exprimés concernent l'ensemble des composantes des écosystèmes dulçaquicoles, littoraux et marins de la métropole et des Départements d'Outre-Mer (DOM), les pressions anthropiques qui s'y exercent et leurs impacts, en réponse aux directives européennes s'appliquant sur ces milieux (Directive Cadre sur l'Eau (DCE), Habitats Faune Flore (DHFF) et Oiseaux (DO), Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM))¹.

L'AFB lance un appel à manifestations d'intérêt (AMI) sur la base des besoins identifiés dans ce Recueil afin de susciter l'intérêt d'opérateurs publics ou privés qui pourront proposer un projet d'action(s) en vue d'un financement de l'AFB.

Suite aux appels à manifestations d'intérêt 2017 et 2018, le présent document est co-construit avec les acteurs de la DCSMM, de la DHFF et de la DO, en réponse aux attentes de ces directives s'appliquant sur les eaux littorales et marines, afin notamment de favoriser les liens entre directives et l'articulation des outils développés dès l'expression des besoins.

Ce recueil a vocation à être régulièrement actualisé au gré des évolutions réglementaires et des progrès techniques et sa mise à jour est coordonnée par l'AFB.

Ce présent Recueil est mis en ligne sur le site de l'AFB.

1.2 Périmètre des besoins exprimés dans le présent document

1.2.1 Notion de « surveillance » des milieux aquatiques continentaux, littoraux et marins

En référence aux directives sus citées, la notion de surveillance utilisée de façon générique dans ce document renvoie à toute activité de production de données ou de collecte de données, issues d'échantillons prélevés ou de mesures sur le terrain, d'observations visuelles ou d'estimations issues de l'analyse d'images satellitaires ou de modélisation, visant à satisfaire les objectifs suivants :

1 « Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin » : Directive 2008/56/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 juin 2008 établissant un cadre pour une politique communautaire pour le milieu marin
« Directive Cadre européenne sur l'Eau » : Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau
« Directive Habitats-Faune-Flore (92/43/EEC) et directive Oiseaux (2009/147/EC, version codifiée du texte d'origine, la directive 79/409/EEC), établissant un cadre pour la conservation de la nature au sein de l'Union européenne.

- Etablir l'état réglementaire des eaux continentales, littorales et marines
- Evaluer les effets des programmes de mesures²
- Evaluer les changements à long terme des conditions naturelles
- Evaluer les changements à long terme résultant d'une importante activité anthropogénique. En particulier : établir la présence de toute tendance à la hausse à long terme de la concentration d'un quelconque polluant suite à l'activité anthropogénique
- Evaluer les pressions, leurs impacts, et leurs évolutions, en particulier les pressions et impacts mentionnés dans les textes réglementaires (décision européenne 2017/848/UE relative à la définition du bon état écologique des eaux marines de la DCSMM, guide et les tables de rapportage de la DCE, menaces et pressions de la DHFF, guidance rapportage DHFF 2019)
- Déterminer les causes pour lesquelles les différents milieux n'atteignent pas les objectifs environnementaux définis pour les directives
- Contribuer à la conception et à l'évolution des programmes de surveillance DCE, DCSMM, et DHDO, veiller à leur articulation (dans les zones de recouvrement des directives et pour les composantes de l'écosystème ou les pressions communes)
- Déterminer les conditions et ou les états de référence des composantes de l'écosystème ou des pressions...

1.2.2 Notion « d'évaluation » des milieux aquatiques

L'évaluation est un processus qui permet de connaître et de comprendre l'état des milieux aquatiques continentaux, littoraux et marins. Elle s'intéresse au fonctionnement des écosystèmes, aux pressions qui s'y exercent ainsi qu'à l'origine de ces pressions (naturelles ou anthropiques). L'évaluation s'appuie sur des données issues de la surveillance et repose généralement sur une comparaison de l'état observé à un état pas ou peu perturbé par les activités humaines, pour ensuite mettre en œuvre des mesures de gestion adaptées. L'évaluation s'adresse à toutes les catégories d'eau : eaux de surface continentales (cours d'eau, plans d'eau), littorales (eaux de transition et eaux côtières), marines (au-delà de 12 miles), eaux souterraines, et aux activités génératrices de pressions sur ces milieux.

L'évaluation porte sur les principaux compartiments des écosystèmes (composantes abiotiques et biotiques) mentionnés par les directives, sur leur fonctionnement (liens trophiques notamment), ainsi que sur les principales pressions qui s'exercent sur ces milieux (en particulier, celles ciblées par les textes réglementaires) et les activités qui les génèrent. Elle renvoie aux méthodes et critères définis par les directives servant à caractériser les activités, les pressions et leurs impacts, les différentes classes d'état écologique/de conservation, d'état chimique et de potentiel écologique pour les milieux fortement anthropisés ou artificiels :

² Pour l'évaluation de l'efficacité des mesures DCSMM, un appel à projet dédié est lancé par le MTES : « Acquisition de connaissances sur le milieu marin en appui à la mise en œuvre de la directive-cadre « stratégie pour le milieu marin » » https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/appel_a_projet_DCSMM_2019_reglement_modalites.pdf

- l'état chimique ou niveau de contamination de l'écosystème (descripteur 8 de la DCSMM, substances de l'état chimique de la DCE), destiné à vérifier le respect des normes de qualité environnementales fixées par des directives européennes ou au niveau national et basées sur les listes européennes, nationales et locales ;
- l'état écologique ou l'état de conservation des habitats et des espèces. L'évaluation se fait, principalement, sur la base de paramètres biologiques et de paramètres physico-chimiques et hydromorphologiques soutenant la biologie, les aires de répartition des espèces, etc.
- l'évaluation comprend également des descripteurs de pressions anthropiques pour la DCSMM, l'atteinte des objectifs environnementaux et une analyse économique et sociale, organisée en deux volets : l'utilisation des eaux marines et les coûts de la dégradation (article 8.c de la DCSMM).
- le potentiel écologique est l'objectif à atteindre, pour les masses d'eau artificielles et les masses d'eau fortement modifiées de la DCE. Il est défini par rapport aux mesures d'atténuation applicables et aux valeurs des éléments de qualité pour le type de masses d'eau de surface le plus comparable, en tenant compte des usages incompressibles et des caractéristiques artificielles ou fortement modifiées de la masse d'eau.

La nature et les valeurs-seuils de ces paramètres et des indicateurs requis pour ces évaluations ne sont pas précisément définies par les textes réglementaires. Chaque Etat-membre a donc la possibilité de proposer des méthodologies et des outils dans la mesure où ils répondent aux exigences des directives.

1.2.3 Nature des objets et des actions concernés par les besoins exprimés dans ce recueil

Les besoins précis exprimés ci-après (à partir du paragraphe **2.**) peuvent porter sur les actions suivantes :

- **L'appui aux décideurs de la politique de l'eau** (ministères, agences ou offices de l'eau, services de l'Etat, gestionnaires des milieux), par la mise à disposition d'expertise sur des questions ciblées ayant trait à la surveillance et l'évaluation de la qualité des eaux, de l'état des écosystèmes, des pressions anthropiques qui s'y exercent et de leur origine.
- **La mise à disposition de méthodologies** ayant vocation à servir à la communauté des opérateurs de la surveillance et de l'évaluation ou des gestionnaires des milieux aquatiques continentaux, littoraux et marins dans le cadre de la mise en œuvre de la réglementation sur l'état des eaux et des écosystèmes.
- La mise à disposition d'outils permettant de **mettre en œuvre ou de transférer des méthodologies** de production ou de traitement des résultats de surveillance et d'évaluation, et de faire monter en compétences les opérateurs.
- L'innovation : favoriser et soutenir **le développement de nouvelles méthodologies** et de nouveaux outils, instruments et équipements opérationnels pour répondre aux mieux aux exigences des directives.

Pour l'ensemble de ces besoins, la priorité porte sur la **valorisation de données existantes**, l'acquisition de nouvelles données devra faire l'objet d'une justification détaillée (nouvelle(s) technologie(s) d'acquisition de données, zone(s) d'intérêt pour laquelle les données acquises antérieurement sont parcellaires ou inexistantes...).

Pour les eaux littorales et marines, une attention particulière sera portée aux projets visant à **une articulation des méthodes d'évaluation et des suivis à mettre en œuvre pour répondre aux directives** (DCSMM, DCE, DHDO) sur les zones et thèmes de recouvrement, mais aussi dans d'autres contextes le cas échéant (gestion des aires marines protégées), et à l'imbrication des différentes échelles spatiales d'évaluation. De même, cet appel à manifestations d'intérêt inter-milieux vise à améliorer la compréhension des liens terre-mer, les projets explorant ces liens seront considérés avec une attention particulière.

Les besoins exprimés dans ce recueil **ne portent pas sur la valorisation des résultats d'évaluation** et les **eaux destinées à la consommation ne sont pas directement concernées** par le présent document.

1.3 Se retrouver dans le document

Le document est structuré en trois parties :

- actions transversales et nationales : il s'agit de répondre aux besoins de formation des opérateurs de la surveillance et de l'évaluation, identifiés notamment pour la Directive cadre sur l'eau qui bénéficie d'un réseau de surveillance et d'outils d'évaluation consolidés. Ces besoins peuvent concerner également les gestionnaires des autres politiques publiques (DHFF, DCSMM, gestionnaires d'AMP), besoins qui pourront être précisés au fil de l'avancement et de la validation des méthodologies mises en œuvre ;
 - besoins relatifs à l'évaluation et à la surveillance des milieux aquatiques continentaux : ces besoins visent à combler les lacunes identifiées dans le cadre de la mise en œuvre de la DCE, au sein des différents groupes de travail nationaux dédiés ;
 - besoins relatifs à l'évaluation et à la surveillance des milieux littoraux et marins : cette dernière partie vise à identifier les principales lacunes ou leviers de progrès pour la mise en œuvre des politiques de gestion de ces milieux, principalement la DCE- eaux littorales, la DHFF, et la DCSMM.

Ces besoins ont été identifiés par l'AFB en lien avec les experts scientifiques et acteurs mobilisés sur ces directives, et validés par les groupes de travail DCE et par le COPIL scientifique et technique de la DCSMM.

Certains besoins à l'interface de ces milieux (eaux de transition et côtières) peuvent concerner les milieux continentaux et littoraux et être présentés dans les deux parties.

Dans chaque partie, outre l'utilisation du plan qui classe les besoins en fonction de la thématique d'évaluation de l'état des milieux, des mots clés ont été ajoutés pour faire des recherches en fonction du milieu concerné (cours d'eau, plans d'eau, eaux souterraines, pour les eaux continentales ; eaux littorales, intermédiaires et du large pour les milieux

littoraux et marins). Pour faire une recherche par mot clé, utiliser la commande de recherche (faire « CTRL + F » ou « Révision/Rechercher »). Le mot clé est indiqué entre [] et correspond à :

- [CE] : Cours d'Eau
- [PLEau] : Plans d'Eau
- [ESO] : Eaux Souterraines

- [ELIT] : Eaux Littorales, dont masses d'eau côtières et de transition (estuaires et lagunes) au sens de la DCE
- [EINT] : Eaux intermédiaires (de la limite extérieure des masses d'eau littorales à 12 miles nautiques ou limite des eaux territoriales)
- [ELAR] : Eaux du large (de 12 à 200 miles nautiques)



2. Actions transversales et nationales



2.1 Montée en compétences des opérateurs de la surveillance et de l'évaluation des milieux et des écosystèmes

Les projets devront proposer l'organisation de sessions de formation des opérateurs de la surveillance et de l'évaluation (conception, organisation ou participation d'experts..). Ils devront inclure plusieurs étapes :

- Estimation du besoin de formation (nombre d'opérateurs intéressés par la formation et leur origine géographique - métropole ou ultra-marine - et quantification de la demande en terme de réseaux de suivi des milieux aquatiques concernés...)
- Estimation du coût de la formation pour les futurs stagiaires
- L'organisation de la formation à la bio-indication devra se dérouler en plusieurs modules : session pratique de taxinomie, exercice terrain sur le protocole de surveillance, module théorique sur les indicateurs (la pertinence de l'utilisation du « e-learning » devra être évaluée) et présentation du calcul de l'indicateur sous SEEE (système d'évaluation de l'état des eaux) si l'indicateur est disponible :

<http://www.seee.eaufrance.fr/>

Ce besoin concerne en particulier les indices biologiques DCE des DOM [CE] :

- Indice Diatomées Antilles cours d'eau (IDA)
- Indice Diatomées Réunion cours d'eau (IDR)
- Indice Biologique Macro-invertébrés Antilles cours d'eau (IBMA)
- Indice Réunion Macro-invertébrés cours d'eau (IRM)
- Score Moyen des Ephéméroptères de Guyane cours d'eau (SMEG)
- Indice Poissons Guyane Global cours d'eau (IPG-global).

- Les éléments de qualité des DOM [ELIT] :

- Benthos de substrat meuble des eaux côtières de La Réunion (taxinomie, protocole de terrain, calcul des indicateurs, notamment AMBI et M-AMBI)
- Phytoplancton des eaux côtières de La Réunion (protocole de terrain, protocole de conservation, principe d'analyses et exploitation des résultats en l'absence d'indicateurs Réunion)
- Métrologie pour l'acquisition des paramètres physico-chimiques soutenant la biologie des eaux côtières de La Réunion : volet théorique (méthodologie de calibration des sondes de terrain, fréquence de calibration, vérification des mesures) et volet pratique (calibrations, inter-comparaisons, exercices de mesures, etc.).

2.2 Montée en compétences des opérateurs de la surveillance et de l'évaluation et des gestionnaires en diagnostic écologique des milieux aquatiques continentaux, littoraux et marins

Dans le cadre de la mise en œuvre de la DCE, depuis plusieurs années, ont été développés et transférés aux opérateurs via des formations, des méthodes et outils (indicateurs...) visant la caractérisation des différents compartiments biologiques (poissons, invertébrés, macrophytes, diatomées..), les paramètres physico-chimiques, et le fonctionnement hydromorphologique des cours d'eau. Les systèmes d'information sur l'eau se sont largement enrichis des données afférentes, et les opérateurs ont développé de bonnes capacités à collecter ces données normalisées de façon homogène, et à produire des indicateurs partiels sur l'état des masses d'eau.

Aujourd'hui, un nouveau besoin s'exprime notamment lors des formations sur les bioindicateurs, de développer la capacité des opérateurs et gestionnaires à croiser et à interpréter ces données multiples, et à intégrer de façon systémique ces savoirs et données, de façon à construire une ou des méthodes d'appréciation intégrée du bon fonctionnement écologique des écosystèmes aquatiques³ [CE] :

- Production d'outils de transfert tels que des guides techniques et des supports de formation pour établir un diagnostic écologique du fonctionnement des écosystèmes aquatiques (tous milieux et à différentes échelles) sur la base des données disponibles.
- Construction et expérimentation d'un pilote de formation sur ce sujet du diagnostic écologique à partir des données existantes (biologiques, physico-chimiques, hydromorphologiques ou concernant les pressions affectant les sites ou les masses d'eau). Cette formation expérimentale viserait les personnels des bureaux d'études, des maîtres d'ouvrages, des gestionnaires, des associations, des collectivités, des services de l'Etat ou des agences de l'eau, qui ont besoin de mobiliser ces compétences dans différentes situations : études d'impact, suivi de projets, aide à la décision en matière de gestion, mise en œuvre de la doctrine « éviter - réduire - compenser » ; cet appel à manifestations d'intérêt porte sur la conception et la mise en œuvre de cette formation expérimentale, mais non nécessairement sur le portage lui-même, l'AFB étant opérateur de formation et pouvant assurer ce portage. Le porteur de projet peut également se proposer pour ce portage, à son choix.

3 Le « bon fonctionnement écologique » d'un écosystème aquatique, étant, dans une première approximation, caractérisé par un état des fonctionnalités écologiques favorisant une bonne résilience, et une diversité et qualité d'habitats suffisantes au maintien, ou à la colonisation par les groupes fonctionnels nécessaires à l'évolution continue et/ou à la stabilité de l'écosystème.

Ces besoins pourront être étendus aux eaux littorales et marines, avec la production de guides méthodologiques présentant l'ensemble des méthodes de surveillance ou d'évaluation disponibles pour une composante ciblée des écosystèmes et la comparaison de ces méthodes afin d'orienter le gestionnaire dans son choix [\[ELIT\]](#), [\[EINT\]](#), [\[ELAR\]](#).



3. Milieux aquatiques continentaux

Rq : Certains besoins à l'interface terre-mer (eaux de transition et côtières) peuvent concerner les milieux continentaux et littoraux et être présentés dans les deux parties



3.1 BESOINS RELATIFS A LA PHYSICO-CHIMIE ET AUX CONTAMINANTS CHIMIQUES

3.1.1 *Soutien technique aux opérateurs de la surveillance et de l'évaluation chimique et physico-chimique*

- Expertise des stratégies de surveillance et des outils existants et développement de méthodes d'estimation des flux de nutriments :

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) a pour objectif d'atteindre et de maintenir le bon état écologique et chimique de la totalité des masses d'eau. Les activités humaines génèrent des flux de polluants et de nutriments qui peuvent impacter les écosystèmes aquatiques d'eau continentale ou marine. Dans ce cadre, il apparaît indispensable d'intégrer l'ensemble des processus qui impactent la qualité des eaux tout au long de son continuum depuis les sols agricoles, forestiers ou urbains jusqu'aux zones littorales en passant par les aquifères, les cours d'eau et leurs annexes hydrauliques, et les plans d'eau. Cela implique, donc, de travailler à l'échelle de l'ensemble du territoire national (les DOM inclus).

Dans le cadre de nombreuses directives (DCE, DCSMM et conventions de mers régionales), les flux issus des bassins versants sont considérés comme une pression sur les plans d'eau et le littoral. Le descripteur 5 de la DCSMM (eutrophisation) impose notamment un bon état au regard des concentrations en nutriments dans les eaux marines. Ainsi, les questions relatives aux flux (quantification, identification des sources de pollution et estimation d'impacts) ne sont pas nouvelles et nécessitent d'être abordées de façon globale sur l'ensemble du continuum terre-mer.

Les sujets proposés pourront traiter le continuum terre-mer dans son ensemble. Des travaux spécifiques pourront être réalisés lorsque cela est indiqué dans le corps du texte. En complément, si possible, les projets devront également s'intéresser aux DOM.

- ✓ Expertiser les stratégies de surveillance existantes vis-à-vis de leur pertinence pour évaluer les flux arrivant en mer (stations de mesures physico-chimiques HF/BF et stations hydrométriques et leur couplage spatio-temporel pour le calcul des flux) et arrivant dans les plans d'eau. En particulier, la localisation spatiale de ces stations et la fréquence de mesures doivent être analysées par rapport à la variabilité des flux (saisonniers, inter-annuels, événements hydrologiques « extrêmes » et ponctuels etc.) et le rôle « filtre des nutriments » des estuaires (processus bio-géo-chimiques des vasières ou dans le bouchon vaseux) et des plans d'eau. Les recommandations sont attendues quant aux possibilités d'optimisation des dispositifs existants pour améliorer l'évaluation des flux (scenarii à produire en concertation avec les maîtres d'ouvrage des réseaux existants). *Par exemple dans le cas des plans d'eau DCE de métropole, une étude récente (Prost et al., 2016)⁴ a mis en évidence que seuls 36 % des bassins-versants en contact avec les plans d'eau disposent de stations de mesures*

⁴ Référence : Prost, O., F. Moatar & P.-A. Danis (2016) : Caractérisation physico-chimique (observations et modélisations) des apports externes (bassins-versants) dans les plans d'eau nationaux DCE pour l'évaluation de l'état écologique et la priorisation des programmes de mesures. Convention Onema/Université de Tours. Pp. 82

des débits, et 26 % de stations de suivi physico-chimique. De plus, ces suivis sont réalisés sur des stations distinctes [CE], [PLEau], [ELIT].

- ✓ Recenser et expertiser les outils existants pour l'estimation des flux d'eau et de polluants (dont les nutriments) arrivant sur le littoral et dans les plans d'eau [CE], [PLEau], [ELIT].

En effet, de nombreuses études ont permis de développer différentes méthodes pour calculer les flux terre-mer, ex. méthodes OSPAR (SDeS) pour les nutriments, méthodes développées sur l'évaluation des flux par l'Université de Tours, modélisation biogéochimique (ex. PyNuts, PEGASE, Seneque), estimations probabilistes (ex. IRSTEA, INRA pour les pollutions d'origine agricole)... [CE], [PLEau], [ELIT].

- ✓ Si l'insuffisance des outils actuels est constatée par les utilisateurs, proposer les outils adaptés pour le calcul des flux (parmi les outils existants ou à développer) et estimer les incertitudes associées. Sont attendues les méthodes d'extrapolation pour la quantification des flux sur les milieux non-suivis (tenant compte de la typologie des milieux et des pressions conditionnant les flux), qui pourraient être utilisées pour évaluer les flux au titre des différentes directives / conventions (DCE / DCSMM / OSPAR / Dir.NO3). Ces outils doivent aussi permettre l'estimation des caractéristiques hydro-physico-chimiques de cours d'eau de type masse d'eau DCE mais également de taille inférieure comme les tributaires non DCE de plans d'eau [CE], [PLEau], [ELIT], [EINT].
- ✓ A partir d'une analyse de la « vulnérabilité » des milieux-récepteurs aval vis-à-vis des apports en nutriments (eutrophisation), définir les flux (et concentrations) à ne pas dépasser pour N:P:Si (tenant compte des rapports entre les éléments nutritifs) dans les estuaires et les fleuves [CE], [PLEau], [ELIT]. *Concernant les eaux littorales, des travaux sont en cours pour la DCSMM afin d'estimer les abattements en nitrate et phosphate compatibles avec l'atteinte du bon état écologique (au titre du critère chlorophylle a, évalué par le percentile 90 des concentrations) (modèle ECOMARS-3D) ;*
- ✓ La « charge interne » en nutriments (stocks déjà existants dans les milieux, par ex. phosphore) et les conditions de leur remobilisation peuvent constituer un volet des projets proposés [ELIT].

- La DCE a pour objectifs d'atteindre et de maintenir le bon état écologique et chimique de la totalité des masses d'eau. Pour évaluer l'état écologique, différents indicateurs ont été développés et leurs incertitudes ont été quantifiées au moins partiellement. Dans le cas particulier des indicateurs pour les paramètres physico-chimiques généraux soutenant la biologie en plans d'eau, les travaux de Danis et Roubeix (2014a et 2014b) ont permis de tester différentes stratégies pour quantifier les valeurs seuils et ont abouti à la mise à jour de valeurs seuils de certains paramètres physico-chimiques présentes dans le SEQ-Eau Plan d'Eau. Cependant, plusieurs limites ont été soulignées par ces travaux (Danis et Roubeix, 2014) notamment la non prise en compte des réponses de tous les compartiments biologiques aux paramètres physico-chimiques (e.g. poissons, macrophytes ou invertébrés benthiques). En effet, seules les réponses des métriques biologiques de l'indicateur phytoplancton aux paramètres physico-chimiques ont abouti à des propositions de nouvelles valeurs-seuils pour le phosphore total (valeur médiane des observations en zone euphotique), l'ammonium (valeur maximale des observations en zone euphotique) et la

transparence (valeur médiane des observations). Les métriques biologiques ayant permis la définition de ces seuils sont les métriques relatives à l'abondance "Métrique de Biomasse Algale", MBA (De Bortoli and Argillier 2008) et à la composition "Métrique de Composition Spécifique", MCS (Feret and Laplace-Treytore 2013) du phytoplancton. Les autres métriques des compartiments biologiques poissons, macrophytes ou invertébrés n'ont pas montré de réponse significative aux paramètres physico-chimiques testés. Cela limite la pertinence des valeurs-seuils dans le cas de paramètres physico-chimiques en soutien à la biologie en générale (et non pas uniquement au phytoplancton).

Par ailleurs, des travaux basés sur la méthode de Gradient Forest (Ellis et al. 2012) ont permis de traiter la question de l'existence de seuils écologiques. Ainsi, à travers l'analyse des données biologiques et physico-chimiques des suivis DCE, ces travaux ont mis en évidence des seuils de réponses des communautés aux différents paramètres physico-chimiques indépendamment de métrique d'indicateur biologique. Cette approche exploratoire a révélé, dans les gradients de différents paramètres influencés par les activités anthropiques, des zones sensibles pour les communautés pouvant être interprétées comme des seuils écologiques critiques (Roubeix et Danis 2014 et 2015 ; Roubeix et al. 2016 et 2017). Les valeurs de ces seuils écologiques sont d'ailleurs potentiellement utilisables pour améliorer la pertinence des seuils actuels et permettre des choix de gestion des plans d'eau sur la base des réponses de différents compartiments biologiques (cf. [Guidance européenne https://circabc.europa.eu/sd/a/029111fa-29d3-4e7d-a708-b97b57f69125/3b%20-%20Nutrient%20Guidance.pdf](https://circabc.europa.eu/sd/a/029111fa-29d3-4e7d-a708-b97b57f69125/3b%20-%20Nutrient%20Guidance.pdf)).

Les sujets soumis devront proposer une méthodologie opérationnelle de prise en compte des résultats du Gradient Forest pour l'amélioration des pratiques d'évaluation des plans d'eau sur la base des paramètres physico-chimiques généraux soutenant la biologie. Se rapprocher du Pôle Ecosystèmes lacustres site d'Aix-en-Provence pour plus de renseignements.

Environ 400 plans d'eau déjà suivis à ce jour depuis 2005 ;

Compartiments biologiques suivis : ichtyofaune, phytoplancton, macrophytes ;

Paramètres suivis : nutriments, transparence... (voir arrêté « Surveillance », NOR : DEVL1513988A, Tableau 25. – Paramètres physico-chimiques pour les plans d'eau, groupes 1 et 3) ;

- Analyser et critiquer les seuils de communauté mis en évidence par la méthode de Gradient Forest ;
- Proposer un outil d'utilisation de ces résultats pour l'amélioration de l'évaluation de l'état écologique des plans d'eau par les paramètres physico-chimiques généraux soutenant la biologie ;

- Proposer, si nécessaire, des améliorations des méthodologies de suivi ;

Se rapprocher du pôle Ecosystèmes lacustres, (AFB-Inra-Irstea-ONCF-USMB) Aix-en-Provence pour toute question sur ces données.

Ce travail prendra en compte les résultats des études suivantes :

Ellis, N., S.J. Smith et C.R. Pitcher. 2012. Gradient forests: calculating importance gradients on physical predictors. *Ecology* 93: 156-168.

Roubeix, V. et P.-A. Danis. 2014. Valeurs-seuils pour les paramètres physico-chimiques soutenant la biologie : analyse des réponses des compartiments biologiques phytoplancton, macrophyte & ichtyofaune. *Rapport convention Onema/Irstea 2014*. Irstea, UR HYAX, Pôle Onema/Irstea, Aix-en-Provence. p. 35.

Roubeix, V. et P.-A. Danis. 2015. Nouveaux indicateurs physico-chimiques soutenant la biologie en plans d'eau : Principes de construction et perspectives. *Rapport convention Onema/Irstea 2015*. Irstea, UR HYAX, Pôle Onema/Irstea, Aix-en-Provence. p. 41.

Roubeix, V., P.-A. Danis, T. Feret et J.-M. Baudoin. 2016. *Identification of ecological thresholds from variations in phytoplankton communities among lakes: contribution to the definition of environmental standards. Environmental Monitoring and Assessment* 188.

Roubeix, V., M. Daufresne, C. Argillier, J. Dublon, A. Maire, D. Nicolas, et al. 2017. *Physico-chemical thresholds in the distribution of fish species among French lakes. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 418: 14.

- Paramètre Oxygène dissous et/ou Acidification et/ou paramètre Salinité parmi les paramètres physico-chimiques généraux soutenant la biologie suivis en plans d'eau [PLEau] :

Environ 400 plans d'eau déjà suivis à ce jour depuis 2005 ;

Paramètres suivis : oxygène dissous, alcalinité, pH et conductivité... (voir arrêté « Surveillance »⁴, NOR : TREL1819387A, Tableau 32. – *Paramètres physico-chimiques pour les plans d'eau, groupes 1 et 3*) ;

- Analyser et critiquer ces données des suivis d'oxygène dissous, d'acidification et de salinité réalisées en routine dans les réseaux de suivi DCE ;
- En particulier, analyser leur potentialité dans l'estimation des effets des pressions anthropiques sur ces caractéristiques physico-chimiques ;
- Proposer un outil d'utilisation de ces données pour l'évaluation de l'état écologique ;
- Proposer, si nécessaire, des améliorations des méthodologies de suivi ;
Se rapprocher du pôle Ecosystèmes lacustres (AFB-Inra-Irstea-ONCF-USMB) Aix-en-Provence, pour toute question sur ces données.

- Données sédimentaires issues des paramètres physico-chimiques généraux soutenant la biologie suivis en plans d'eau [PLEau] :

Environ 400 plans d'eau déjà suivis à ce jour depuis 2005 ;

Suivi en phase solide et dans l'eau interstitielle des sédiments ;

Paramètres suivis : azote, carbone organique, fer, aluminium... (voir arrêté « Surveillance »⁴, NOR : TREL1819387A, Tableau 32. – *Paramètres physico-chimiques pour les plans d'eau, groupes 4, 4bis et 5*) ;

- Analyser et critiquer ces données des suivis sédimentaires réalisées en routine dans les réseaux de suivi DCE ;
- En particulier, analyser leur potentialité dans l'estimation des stocks de nutriments dans les sédiments et des flux de nutriments à l'interface eau-sédiment (piégeage et relargage) ;
- Proposer un outil d'utilisation de ces données pour l'évaluation de l'état écologique ;
- Proposer, si nécessaire, des améliorations des pratiques de prélèvements des données sédimentaires ;

Concernant le phosphore, une étude 2019-2021 est déjà en cours de réalisation dans le cadre de l'AMI 2018 pour proposer une méthodologie permettant d'apprécier la qualité des sédiments vis-à-vis du phosphore et du risque de transfert vers la colonne d'eau.

Se rapprocher du pôle Ecosystèmes lacustres (AFB-Inra-Irstea-ONCF-USMB) Aix-en-Provence, pour toute question sur ces données et l'étude en cours. Il existe des guides de recommandations techniques Aquaref pour l'échantillonnage et l'analyse physico-chimique de sédiments :
<https://www.aquaref.fr/guide-recommandations-techniques-aquaref>

Les deux études ci-dessous seront préférentiellement menées en parallèle afin de mutualiser la phase d'audit des données et de consultation des experts locaux, des gestionnaires et des chercheurs mais pourront également être menées de façon séparée.

- Etude sur la définition et la validation du Réseau de Référence Pérenne (RRP) des cours d'eau des DOM [CE] ;

Le principe de la circulaire 2004-08 relative à la constitution du réseau de référence n'a pas été appliqué dans la majorité des DOM et les travaux nationaux pour la définition du réseau de référence pérenne ont porté uniquement sur la métropole. Chaque DOM se trouve ainsi dans une situation très différente vis-à-vis de la construction de son réseau de référence. Afin de construire et de valider un réseau cohérent à l'échelle des DOM, il est nécessaire de proposer une méthodologie de validation des sites candidats en concertation avec les gestionnaires de bassins selon différentes étapes :

- Faire un audit des données issues des programmes de surveillance et des développements des bio-indicateurs dans chaque DOM auprès des offices de l'eau et des DEAL, mais également auprès des organismes de recherche ou bureaux d'étude qui ont développé des indicateurs biologiques spécifiques aux DOM afin d'examiner si les chroniques de données collectées peuvent répondre aux éléments de cadrage fixés par la réglementation ;
- Définir une (ou des) scénario(s)/méthodes de validation des sites RRP cours d'eau aux DOM ;
- Identifier les besoins de données complémentaires.

- Mener une réflexion sur la définition de seuils physico-chimiques des différents éléments de qualité (température, bilan d'oxygène, pH, alcalinité, salinité, nutriments) pour l'ensemble des catégories d'eau spécifiques aux ou à chacun des DOM. Il s'agira, en concertation avec les gestionnaires de bassins et les experts locaux et nationaux, de définir les enjeux et les modalités de construction des indicateurs pour les différents paramètres physico-chimiques. Outre un audit et une compilation des données disponibles, une proposition de démarche sera à construire, en tenant compte d'une part, du continuum terre-mer et d'autre part, de la « Directive nitrates » et des démarches régionales concernant l'évaluation physico-chimique de l'état des eaux (convention de Carthagène). Ces travaux pourront nourrir ou être nourris des réflexions menées au niveau national sur les flux de nutriments (voir besoins formulés plus hauts). L'objectif global consistera à proposer des seuils physico-chimiques [CE], [PLEau], [ELIT] :

- adaptés au contexte des DOM pour toutes les catégories de masses d'eau (cours d'eau, plans d'eau, eaux de transition, eaux côtières et intermédiaires, tenant compte du continuum terre-mer) ;
- cohérents avec l'évaluation biologique ;
- potentiellement utiles pour la gestion ;
- cohérents entre le littoral et les eaux continentales.

- Révision en Guyane des fonds géochimiques en éléments traces afin de déterminer des valeurs seuils de bon état chimique des eaux souterraines ou des seuils limites de qualité environnementale pour les cours d'eau par élément : une étude en 2014 réalisée par le BRGM a permis de proposer des recommandations pour la détermination de ces seuils mais des concentrations naturelles déclassent encore certaines masses d'eau. Cinq ans après, un plus grand jeu de données étant dorénavant disponible, il serait nécessaire de réévaluer ces valeurs.

Lions J., Blum A., Courbin A., Joseph B. (2014) – Caractérisation des fonds géochimiques des cours d'eau et des eaux souterraines de Guyane. Rapport final. BRGM/RP-63670-FR., 115 p.

- Promouvoir les approches de bio-surveillance active dans les DOM [CE] : surveillance des substances chimiques à l'aide d'invertébrés provenant de populations de référence ou d'élevages d'espèces locales, et engagés dans le milieu pour assurer une prise d'information spécifique au site des niveaux de contamination chimique. Cette étude de faisabilité s'attachera, en respect avec la réglementation en vigueur sur l'introduction et la propagation d'espèces animales exotiques envahissantes, à concevoir et optimiser les dispositifs d'engagement afin d'assurer la survie des organismes, de définir des conditions d'utilisation de ces dispositifs, notamment vis-à-vis de la physico-chimie du milieu, et de proposer une stratégie de déploiement adaptée à l'échelle d'un réseau de surveillance (i.e., durée et période d'engagement, fréquence de déploiement, etc.).

3.1.2 Veille et évaluation scientifique et technique pour la chimie et physico-chimie

- Dans le contexte de la mise en œuvre des NQE biote (Directive 2013/39/UE), la construction de valeurs seuils en PCB-NDL (Polychlorobiphényles Non Dioxin-Like) utilisées en screening pour suivre la contamination des poissons des cours d'eau permettrait de limiter le nombre d'analyses coûteuses de dioxines et PCB-DL (Polychlorobiphényles Dioxin-Like), composés auxquels se rapporte la NQE. De nombreuses études montrent la faisabilité et l'intérêt d'une telle approche (par ex. Bhavsar et al. 2007, *Environ. Toxicol. Chem.* 28(8) : 1622-1628 ; Babut et al. 2009, *Environ. Pollut.* 157 : 3451-3456 ; Gandhi et al. 2015, *Environ. Sci. Technol.* 49 :123-131).

Des seuils en PCB-NDL correspondant à la valeur de la NQE seront établis pour déterminer, avec un taux d'erreur défini, la conformité/non-conformité des poissons d'eau douce en dioxines et PCB-DL (TEQ_{OMS2005}), pour les principales espèces ciblées dans le cadre de la surveillance DCE (i.e. chevaine, barbeau fluviatile, perche, truite de rivière, gardon et brème commune), à partir de l'exploitation statistique de l'ensemble des données du plan national PCB et plans complémentaires de bassin [CE], [PLEau], [ELIT].

3.2 BESOINS RELATIFS A L'HYDROBIOLOGIE

Note : l'utilisation du biote pour évaluer l'état chimique du milieu est traitée dans la partie chimie.

3.2.1 *Soutien technique aux opérations de la surveillance règlementée*

- Etude sur la définition et la validation du Réseau de Référence Pérenne (RRP) des cours d'eau des DOM [CE] : voir détail de l'action déjà décrite au § 3.1.

3.2.2 *Soutien aux opérateurs de l'évaluation règlementée*

- Réaliser une évaluation préalable sur la faisabilité d'un modèle permettant d'extrapoler le calcul de l'état écologique des cours d'eau de l'échelle stationnelle à l'échelle de la masse d'eau, notamment à partir des données de surveillance et de pression s'exerçant sur les milieux aquatiques [CE].

- Développer un outil diagnostic basé sur l'élément de qualité biologique (EQB) « macrophyte » pour les cours d'eau de métropole [CE].

- Indices biologiques pour les cours d'eau de métropole [CE] :

- Développement d'un indicateur basé sur l'élément de qualité biologique (EQB) « phytoplancton » pour les très grands cours d'eau de métropole ; puis préparation du rapport de raccordement à l'inter-étalonnage européen.
- Développement d'un indicateur basé sur l'élément de qualité biologique (EQB) « macrophytes » pour les très grands cours d'eau de métropole ;
- Développement d'un indicateur basé sur l'élément de qualité biologique (EQB) « poisson » pour les très grands cours d'eau de métropole ; puis préparation du rapport de raccordement à l'inter-étalonnage européen. Le développement devra s'appuyer sur une analyse comparée des indicateurs utilisés par les autres états membres de l'Union européenne. Cette analyse permettra de développer l'indicateur en se basant sur un des outils existants (EFI+, IPR, autre...) et en l'adaptant au contexte métropolitain français ;
- Développement d'un indicateur basé sur l'élément de qualité biologique (EQB) « poisson » cours d'eau pour la Corse : la Corse fait l'objet d'une surveillance au titre de la DCE selon les mêmes modalités et sur les mêmes EQB que la France/métropole continentale. Si la majorité des indices développés pour le territoire métropolitain s'applique en Corse, ce n'est pas le cas pour l'Indice Poisson Rivière (IPR), qui par construction n'est pas applicable au territoire Corse. L'indice IPR+ censé succéder à l'IPR devait pouvoir s'appliquer à la Corse, mais d'une part, il n'a pas été retenu pour l'évaluation dans le cadre du prochain cycle DCE, et d'autre part, l'analyse des résultats préliminaires n'a pas semblé totalement concluante quant à la pertinence de cet indice pour la Corse.

Au regard des données disponibles (AFB et autres opérateurs), il paraît pertinent et opportun de développer un indice basé sur l'EQB « poisson » qui soit applicable en Corse, compatible avec la DCE, et permette ainsi de valoriser les données piscicoles produites sur ce territoire et prodigue un outil supplémentaire pour l'évaluation de la qualité des masses d'eau de Corse.

- Indices biologiques pour les cours d'eau des DOM [CE] :

- Développement d'un indice biologique Guyane basé sur l'élément de qualité biologique (EQB) « phytoplancton » pour les grands cours d'eau ;
- Indice biologique Réunion Macroinvertébrés (IRM) : définition des valeurs de référence pour l'HER « versants sud-ouest secs » ;
- Renforcement des indices poissons Guyane IPG « Résidus » et IPG « Global » (supprimer les métriques redondantes qui pénalisent l'indicateur et intégrer les propositions de métriques issues des travaux de L. Allard développés lors du programme « Petites Masses d'Eau de Guyane Française » afin de pouvoir l'utiliser pour l'évaluation et le diagnostic...);
- Indice Réunion Poissons (IRP) : redéfinition des conditions de référence prenant en compte les pressions hydromorphologiques sur la continuité écologique ;
- Développement d'un indice biologique basé sur l'élément de qualité biologique (EQB) « macrocrustacé » pour les cours d'eau de La Réunion ;
- Pour les trois indices DCE Guyane, SMEG (Score Moyen des Ephéméroptères de Guyane), IPG Global (Indice Poissons Guyane global) et IBMG Version la plus récente (Indice Biologique macro-invertébrés Guyane) : Etudier la robustesse de l'indice (confronter les résultats qu'il fournit à une mesure des pressions anthropiques s'exerçant sur ces masses d'eau) ;
- Pour l'IBMG Version la plus récente (Indice Biologique macro-invertébrés Guyane) : Etudier dans quelle mesure le SMEG (Score Moyen des Ephéméroptères de Guyane) pourrait être intégré à cet indice en tant que nouvelle métrique et vérifier si son apport renforce la robustesse de l'indice ;
- Pour les indices SMEG (Score Moyen des Ephéméroptères de Guyane), IPG Global (Indice Poissons Guyane global) et IBMG Version la plus récente (Indice Biologique macro-invertébrés Guyane) : Réaliser un travail sur les métriques pour étendre la pertinence de l'indice à l'évaluation de l'état de l'hydro-écocorégion de la plaine du littoral HER 51 (cours d'eau sous influence de la marée).

Concernant le besoin identifié ci-dessus sur le développement de différents indices biologiques, il est indispensable que les projets présentés intègrent les résultats suivants :

- Description du jeu de données mobilisé (et métadonnées) dans le cadre du projet (volumétrie des données)
- Bancarisation des données complémentaires acquises (si nécessaire) dans le cadre du projet
- Rédaction d'un guide d'utilisation ou l'actualisation d'un guide si déjà existant
- Fourniture des éléments nécessaires à l'intégration de l'indice dans le service de calcul du SEEE (note descriptive de la méthode de calcul, ensemble des éventuels tableaux de coefficients nécessaires au calcul, liste des taxons contributifs avec les éventuelles correspondances, fichiers d'exemple pour les données d'entrée et les résultats associés) <http://www.seee.eaufrance.fr/>
- Publication scientifique
- Organisation d'une réunion de restitution auprès des acteurs concernés

3.3 BESOINS RELATIFS A L'HYDROMORPHOLOGIE

3.3.1 Appui aux autorités sur la stratégie nationale de surveillance

- Masses d'eau de type « cours d'eau » [CE]

Besoins en lien avec la mise en œuvre et l'optimisation des réseaux de surveillance cours d'eau :

- Appuyer le Plan d'application satellitaire (PAS 2018-2022) : fiche 18 – « Suivre et caractériser l'hydromorphologie des cours d'eau » : utiliser les ressources de la télédétection, notamment satellitaire, pour aider à la surveillance de l'hydromorphologie DCE pour les cours d'eau non prospectables à pied en métropole et en DOM (environ 500 stations de surveillance).

Ce travail sera à faire en lien avec le projet Irstea sur « l'imagerie haute résolution (vecteur drone) comme outil de caractérisation fine de l'hydromorphologie » en cours de réalisation (2019-2021).

3.3.2 Soutien technique aux opérations de surveillance et de l'évaluation hydromorphologique

- Masses d'eau de type « cours d'eau » [CE]

- Développer une approche intégrée d'évaluation de la qualité physique des cours d'eau (indicateur par EQ HYMO : hydrologie, continuité et conditions morphologiques) à partir des données et des outils existants.
- Rédiger un guide méthodologique sur l'évaluation du très bon état écologique des cours d'eau. Etablir les critères d'évaluation du très bon état écologique à partir de l'hydromorphologie. Confronter les critères des bassins et le dire

d'expert, l'utilisation du SYRAH-CE, la grille d'évaluation « Rivière sauvage », l'indicateur de naturalité des cours d'eau de l'Observatoire national de la biodiversité (ONB), la grille "pressions" du Réseau de Référence Pérenne (« évaluation terrain des pressions d'une station du RRP »).

3.3.3 *Veille et évaluation scientifique et technique pour l'hydromorphologie*

- Masses d'eau de type « cours d'eau » [CE]

- Appuyer le Plan d'application satellitaire (PAS 2018-2022) : fiche 18 – « Suivre et caractériser l'hydromorphologie des cours d'eau » : investir le potentiel de la télédétection fluviale en proposant des solutions techniques applicables aux enjeux nationaux de caractérisation et de suivi de l'hydromorphologie des corridors fluviaux. L'utilisation de la télédétection (aux échelles et à la résolution adaptées), l'application de méthode de traitement rapide des images (orientée objet, modules automatisés sous SIG), l'approche diachronique (évolution temporelle) et l'amélioration des coûts d'acquisition des images seraient à proposer pour satisfaire ce nouveau mode de fonctionnement.
- En lien avec le besoin précédent, disposer d'un accompagnement (rédaction d'un guide technique par exemple) de l'exploitation de la télédétection permettrait également d'aider les opérateurs et gestionnaires à appliquer les techniques idoines de suivi des cours d'eau par la télédétection fluviale.

- Masses d'eau de type « plan d'eau » [PLEau]

- Développer une approche intégrée d'évaluation
- Développer et proposer un système de surveillance opérationnel (moyens humains et financier + acquisition, gestion et mise à disposition de la donnée) du marnage des plans d'eau.
- Développer et proposer un système de surveillance opérationnel (moyens humains et financier + acquisition, gestion et mise à disposition de la donnée) des débits entrants et sortants des plans d'eau.
- Développer et proposer un système de surveillance opérationnel (moyens humains et financier + acquisition, gestion et mise à disposition de la donnée) de la vitesse de comblement sédimentaire des plans d'eau.

3.4 BESOINS RELATIFS A LA SURVEILLANCE ET L'EVALUATION QUANTITATIVE DES EAUX SOUTERRAINES [ESO]

3.4.1 Mises en œuvre de méthodologies

- Enrichissement de la connaissance des prélèvements quantitatifs sur la ressource en eau en précisant le milieu impacté dans le cas des sources.
- Amélioration de la connaissance de l'impact des prélèvements en eau souterraine sur les eaux de surface : formations sur les outils existants pour la mise en évidence des échanges nappes/rivières.

3.4.2 Innovation, développement de nouvelles méthodologies

- Améliorer la méthode existante d'estimation des pressions prélèvement sur les ressources en eau souterraine à travers les sous-points listés ci-dessous :
 - a. Prendre en compte les aspects de prélèvements et de consommation des eaux dans les carrières,
 - b. Améliorer le calcul de la recharge des masses d'eau souterraines en prenant en compte les échanges nappes/rivières ou nappes/écosystèmes terrestres dépendants.
- Améliorer la connaissance de l'impact des prélèvements ESO sur les écosystèmes terrestres dépendant des ESO. De précédents travaux ont développé des méthodes d'identification du lien entre eau souterraine et écosystèmes terrestres que sont les zones humides... Le projet « Les eaux souterraines dans les zones humides » piloté par le BRGM s'attachera en 2018 et 2019 plus particulièrement, à construire une méthode d'évaluation des besoins quantitatifs en eau souterraine des zones humides pour avoir un bon fonctionnement, dans une approche multidisciplinaire autour de l'hydrogéologie, de l'écologie (habitats/espèces) et de la pédologie (critères stress hydrique) et à tester sa faisabilité sur une quinzaine de sites pilotes.

Des études complémentaires sont nécessaires pour améliorer ces connaissances (voir les besoins identifiés plus précisément dans la note de cadrage « Ecosystèmes terrestres dépendants des eaux souterraines : quelles méthodes pour appliquer la DCE ? » en ANNEXE).
- Définir une stratégie de surveillance de la conductivité pour le risque d'intrusion saline (ex. mise en œuvre d'un monitoring et de la collecte de la donnée avec un dimensionnement du réseau de suivi si nécessaire...).
- Proposer une démarche pour appliquer le test DCE « intrusion saline » quantité (cf point précédent).



4. Milieux littoraux et marins



4.1 Besoins relatifs à la surveillance des milieux littoraux et marins en appui aux directives (DCE eaux littorales, DCSMM, DHFF et DO)

4.1.1 *Les nouvelles technologies pour l'observation des composantes des écosystèmes, des pressions anthropiques et des usages*

Les textes réglementaires imposent une surveillance des différents paramètres hydromorphologiques, physico-chimiques et compartiments biologiques et des pressions qui s'y exercent, à différentes échelles spatiales (de la masse d'eau DCE aux sous-régions marines DCSMM ou régions biogéographiques DHFF). Dans ce contexte, les nouvelles technologies, permettant l'observation du milieu à large échelle géographique et/ou haute fréquence temporelle, ou une automatisation des techniques d'observation, représentent une opportunité à explorer. **Les projets valorisant les données déjà acquises et/ou comparant les différentes méthodes d'observation disponibles seront prioritaires** [ELIT], [EINT], [ELAR].

- Les principales **méthodes d'observation des milieux et des pressions** couverts par la DCE, la DCSMM, la DHFF et la DO, identifiées comme d'intérêt sont les suivantes [ELIT], [EINT], [ELAR] :

- Méthode de **téledétection**⁵ :
 - Images aériennes ou satellitaires : l'exploitation de ces images permet d'obtenir des estimations, dans la couche de surface, voire sur les fonds par faible profondeur et/ou eaux très claires, de différents paramètres physico-chimiques et hydromorphologiques (température de surface, matières en suspension en surface, nature des fonds...), biologiques (chlorophylle *a* en surface, classes pigmentaires phytoplanctoniques ou macroalgales ...). Des observations de la mégafaune marine (oiseaux marins, mammifères marins, tortues marines...), de pressions anthropiques (déchets, mouillages, pollutions aux hydrocarbures accidentelles...) ou d'activités (sports de loisir, trafic maritime, clapages et leurs panaches) peuvent également être obtenues à partir d'images satellitaires ou de photographies aériennes.
Il s'agira de comparer les différents capteurs optiques (hyperspectraux, multispectraux...) et méthodes d'analyse des images, d'en proposer de nouvelles le cas échéant, d'améliorer les algorithmes de traitement des images existants, notamment dans le domaine côtier, et de fournir des algorithmes et/ou des interfaces permettant, à partir des données acquises, l'évaluation de l'état des eaux littorales et marines au titre des différentes directives (cf.4.3.2).

⁵ La télédétection est considérée ici au sens large, incluant toutes les méthodes de mesure ou d'acquisition de données « à distance » (images aériennes ou satellitaires, imagerie acoustique : (écho)sondeurs, sonars...)

Les projets proposés devront tenir compte des travaux antérieurs. Par exemple, une étude 2019-2020 sur l'apport de la télédétection satellitaire dans la surveillance opérationnelle de la chlorophylle a, turbidité, température et MES non-algales est en cours (Argans-France et Ifremer), ainsi que des travaux sur l'adaptation des méthodes de télédétection satellitaire à la surveillance de la composition pigmentaire du phytoplancton en milieu marin (Aquaref). Les métriques basées sur la composition pigmentaire (mesures par HPLC) sont développées pour la façade Méditerranéenne et Manche-Atlantique (Ifremer, Université de Liège). Un guide sur les différentes techniques de délimitation et de cartographie des herbiers de zostères (Bajjouk et al. 2019, Ifremer) est en cours d'édition. Concernant les méthodes optiques pour les relevés des communautés des macroalgues intertidales, une étude comparative des méthodes est menée pour statuer sur leurs avantages et limites (et les traitements des données associés) pour distinguer les différents groupes de macroalgues et leurs situations de mélange pour les besoins de la surveillance DCE (CEVA).

- Images acoustiques : comparaison des outils permettant l'acquisition de données (acoustique active : sondeurs, sonars) et leurs exploitations afin de caractériser les composantes abiotiques (nature des fonds marins, structures physiques - fronts, ondes internes) ou biotiques (biomasse et abondance du zooplancton aux prédateurs supérieurs, distribution dans la colonne d'eau ou répartition spatiale...).
- Dispositifs de **suivi automatisés**, permettant :
 - l'acquisition de données à haute fréquence temporelle ou en continu à large échelle spatiale (Ferrybox et Pocket Ferrybox, bouées instrumentées, cytométrie en flux, Algae Online Analyser, fluorimétrie multi-spectrale, fluorescence variable (Fast Repetition Rate Fluorimeter) ou à échelle locale (bouées instrumentées, nouveaux capteurs).
 - la reconnaissance automatique d'images en alternative à l'identification taxinomique en microscopie ou à la loupe binoculaire (pour les communautés phyto- et zooplanctoniques : flowcam, zooscan), ou visuelles (photos HD, caméra/vidéo pour les espèces les poissons et céphalopodes, les oiseaux, les mammifères marins et tortues).
- Examiner la plus-value des **méthodes moléculaires** (métabarcoding, métagénomique) pour la surveillance et la bio-évaluation vis-à-vis des indicateurs existants ou en complément (notamment pour la métrique « composition/biodiversité »). Par exemple, en cas d'insuffisance notable de l'échantillonnage, de méthodes de détermination visuelle ou de leur forte dépendance au niveau de compétence des opérateurs, la surveillance des espèces pourrait être améliorée. Elle concerne en particulier les espèces non-indigènes ou rares, notamment de poissons littoraux (dont, amphihalins), ou de mammifères marins, et pourrait aussi concerner la diversité des composantes planctoniques ou benthiques. Cette proposition doit s'adresser en priorité aux éléments de qualité biologique réglementaires dont l'indicateur n'est pas encore développé ou en cours de développement.

Une analyse critique de ces méthodes au regard des méthodes d'observation communément utilisées, ainsi que des **technologies robotiques** qui peuvent être associées à ces différents instruments (drones, gliders, AUV ...), démontrant leur plus-value, leur opérationnalité, et analysant la précision des données acquises, notamment en termes de résolution taxinomique, devra être réalisée.

4.1.2 **Stratégies d'échantillonnage et spatialisation de la surveillance**

- Les projets proposés pourront également démontrer l'apport des technologies citées dans 4.1.1 pour la **définition des stratégies d'échantillonnage**. Il s'agira en particulier de proposer des méthodes d'analyse (statistiques, modélisation...) de la représentativité de mesures *in-situ* ou observation ponctuelles et stationnelles par rapport à la représentation temporelle et spatiale des systèmes aquatiques (masses d'eau ou sous régions marines) obtenue à plus large échelle par les méthodes de télédétection ou les suivis à haute fréquence. L'apport de ces techniques pour la **spatialisation** de la surveillance, notamment des habitats benthiques (pour plus de détails, voir les méthodes de cartographie au § 4.4.2.) [ELIT], [EINT], [ELAR].

Les projets proposés devront s'appuyer sur les projets antérieurs ou en cours et sur les données déjà acquises. Ils devront démontrer leur complémentarité par rapport à ces projets antérieurs. Pour l'ensemble de ces méthodes d'observation, générant un volume important de données, leur gestion, leur exploitation (notamment méthodes de reconnaissance automatique d'image – deep learning) et leur bancarisation devront être anticipées. Les projets suivants feront notamment l'objet d'une attention particulière :

- méthodes d'observation pour des compartiments biologiques ou des pressions ciblées par les directives marines et peu explorés jusqu'à présent, et/ou permettant une extension aux eaux du large peu couvertes (habitats benthiques du plateau continental, zooplancton, micro-organismes hétérotrophes...),

- utilisation conjointe de différentes techniques innovantes à des fins de comparaison, et explorant conjointement plusieurs compartiments (par exemple, poissons côtiers) et/ou pressions, dans des zones d'intérêt (enjeux écologiques, notamment aires marines protégées, gradients de pressions correspondant au concept de « zones ateliers »...).

4.2 Besoins relatifs à l'évaluation des milieux littoraux et marins en appui aux directives (DCE eaux littorales, DCSMM, DHFF et DO)

4.2.1 Veille et évaluation scientifique et technique pour la chimie et physico-chimie

- Concernant l'amélioration des *estimations des apports fluviaux en nutriments* dans le milieu marin et les seuils des différents éléments physico-chimiques en métropole et dans les DOM, voir le chapitre 3.1.1 [CE], [ELIT].

- Dans le contexte de la mise en œuvre de la DCSMM (descripteur 8 – Contaminants chimiques) et de l'évaluation de l'état chimique et écologique DCE (substances prioritaires, polluants spécifiques de l'état écologiques - PSEE), approfondir la compréhension du **transfert des contaminants dans les chaînes trophiques** locales (par exemple, la faisabilité et la pertinence de l'intégration du suivi des contaminants « émergents » en plus des substances prioritaires et du chlordecone, voire des radionucléides). Il s'agira de déterminer de facteurs d'amplification trophique (TMF) « locaux » (i.e. focus sur les espèces caractéristiques de l'aire géographique et donc, de la contamination locale où les sources actuelles ou du passé sont identifiables) pour extrapoler un risque d'empoisonnement secondaire vis-à-vis des prédateurs apicaux à partir des données de contamination d'organismes de niveaux trophiques (NT) inférieurs, ainsi que de proposer des méthodes analytiques adaptées. Les recommandations sont attendues quant aux compartiments biologiques pertinents à suivre pour évaluer le niveau de contamination des écosystèmes littoraux et marins (niveaux intermédiaires des réseaux trophiques, par ex.).

A noter qu'une étude sur les facteurs de bioaccumulation est réalisée afin de déterminer les valeurs-guides environnementales (VGE) pour les mollusques⁶. Les résultats du projet⁷ de Munschy et al. (2018) peuvent apporter les éléments sur l'imprégnation des bivalves par quelques substances émergentes étudiées sur le littoral métropolitain. Une autre étude sur la sélection des substances candidates à la liste des PSEE des eaux littorales de la métropole est en cours (Ifremer). Une approche similaire (à partir des pressions sur le bassin versant dans le continuum terre-mer) est en cours dans certains DOM (Ifremer/BRGM). Cette bibliographie pourrait aider pour la sélection des substances à étudier.

- Développer et éprouver des méthodes permettant de fiabiliser la **mesure de l'imposex** dans le cadre des suivis réglementaires OSPAR/DCSMM, pour identifier notamment les populations de gastéropodes marins touchées par le syndrome de Dumpton (SD), i.e. forme de résistance aux effets stérilisants de l'imposex chez certaines femelles pouvant conduire à des résultats erronés.

⁶ Sire A., Amouroux I., 2016. Détermination de Valeurs Guides Environnementales (VGE) mollusques alternatives aux Normes de Qualité Environnementales (NQE) eau définies dans la DCE. Rapport Ifremer RBE/BE/ARC/2016.01, janvier 2016, 81 p.

⁷ Munschy C., Tixier C., Pollono C., Bely N., Héas-Moisan K., Olivier N., 2018. Veille sur les nouveaux polluants organiques persistants dans les mollusques marins – Veille-POP. Rapport convention ONEMA(AFB)-IFREMER 2017, 53 p.

4.2.2 *Veille et évaluation scientifique et technique pour les différentes composantes des écosystèmes et les pressions qui s'y exercent*

- *Indicateurs d'évaluation de l'état des populations et habitats des eaux littorales et marines de métropole*

- **Adapter les indicateurs existants à des données issues des nouvelles technologies** (cf. 4.1.1) : les paramètres biologiques (biomasse phytoplanctonique, groupes spectraux planctoniques/pigmentaires....) acquis par télédétection et/ou instruments automatisés ou par des méthodes moléculaires, diffèrent des paramètres acquis par des méthodes classiques : fréquence temporelle et/ou emprise spatiale, et résolution taxinomique différentes. Ces données peuvent-elles être utilisées pour adapter ou compléter les indicateurs existants et améliorer le diagnostic de l'état du compartiment biologique de la zone d'étude [ELIT], [EINT], [ELAR] ?

Par exemple, les métriques basées sur les pigments sont développées (avec des données issues des mesures HPLC) pour l'indicateur « Phytoplancton » sur les façades méditerranéenne et atlantique (e.g. Lampert et Hernandez-Farinas, en cours ; Goffart, en cours). Les premières tentatives sont réalisées pour discriminer quelques groupes pigmentaires via les signaux acquis par les satellites (Méditerranée, adaptation de la méthode PHYSAT), mais ces données ne sont pas encore implémentées dans les indicateurs. Les projets proposés évalueront la pertinence de ce type de données pour qualifier l'état du milieu en réponse aux directives, en adaptant les indicateurs existants ou en développant de nouveaux.

- **Valoriser les séries de données existantes** pouvant être mobilisées pour les évaluations de l'état écologique / état de conservation des habitats benthiques (DCSMM, et DHFF) : analyser les données acquises par les questionnaires d'AMP en domaine côtier (par exemple, protocole de l'Observatoire du patrimoine naturel (OPNL) pour les habitats meubles intertidaux), ou en domaine profond lors de campagnes scientifiques (par exemple, habitats meubles du plateau, têtes de canyons). Ces analyses devront intégrer des préconisations en termes de stratégie de surveillance associée [ELIT], [EINT], [ELAR].

- **Etat de l'art et analyse critique des bio-indicateurs** concernant les habitats benthiques et pélagiques : étude comparative et analyse de leurs avantages et de leurs limites aux regards des perturbations anthropiques (multi-pressions) et pertinence en réponse aux directives marines (critères et normes méthodologiques DCE, DCSMM, DHDO), au niveau national, dans les autres Etats-membres ou hors Europe [ELIT], [EINT], [ELAR].

A titre d'exemple, dans le cadre des travaux 2018 pour la DCE, un travail de comparaison a déjà été réalisé entre six indicateurs pour la faune benthique invertébrée des estuaires par l'équipe de l'Université de Bordeaux en collaboration avec Irstea.

- Etude de faisabilité sur le **développement d'indicateurs biologiques axés sur les marais salés (arrières-littoraux), les schorres et slikkes** (basés notamment sur les phytocénoses caractéristiques et/ou les fonctionnalités des schorres et des slikkes) en lien avec les pressions multiples s'y exerçant (en réponse aux directives DCE, DCSMM, DHFF) [ELIT].

- Développement des **indicateurs biologiques axés sur la flore et faune benthique invertébrée des estuaires** sur les portions oligohaline ou dulçaquicole affectées par la marée dynamique, en lien avec les pressions multiples s’y exerçant: pertinence et étude de faisabilité [ELIT].

- **Développement d’indicateurs biologiques basés sur la flore et la faune benthiques des champs de blocs intertidaux** des façades Atlantique Manche Mer du Nord, en lien avec les besoins de gestion à l’échelle des AMPs (pression de pêche à pied notamment). Proposition d’une méthode harmonisée à l’échelle biogéographique, sur la base de l’analyse des données de suivis existantes (besoins DCSMM (objectif environnemental dédié) et DHFF (habitat « récif » 1170)) [ELIT].

- Développement des méthodes pour caractériser les **habitats nécessaires à l’accomplissement des cycles de vie des principaux poissons** utilisant les habitats estuariens et côtiers aux stades larvaires et juvéniles. Les habitats côtiers sont caractérisés par une forte diversité d’habitats de faible profondeur. De ce fait, ils procurent des niches écologiques diversifiées occupées par des espèces de poissons estuariens, marins et amphihalins, qui profitent de conditions environnementales favorables durant des étapes clés de leur cycle de vie. Ces milieux offrent généralement une disponibilité en nourriture pour les jeunes stades et des zones peu profondes ou d’habitats complexes servent de refuges contre les prédateurs. Ainsi, la fonction de nourricerie repose en grande partie sur la disponibilité, la qualité et l’accessibilité d’habitats essentiels pour les larves et les juvéniles de poissons. Sur les zones côtières, plusieurs types d’habitats littoraux (marais, herbiers, vasières, zones rocheuses, champs de laminaires, estuaires, pélagique côtier...) peuvent jouer un rôle essentiel dans la croissance et la survie des jeunes stades, et ainsi, à terme, soutenir les stocks de poissons marins, estuariens ou amphihalins. La mise en place de mesures de conservation ou de restauration de la fonction de nourricerie requiert donc la caractérisation de l’importance relative des habitats, leur complémentarité, ainsi que leur connectivité entre eux et avec les autres habitats essentiels (zones de croissance, frayères, refuge, repos, corridor ...) pour la réalisation des cycles de vie. L’atteinte de ces objectifs permettra de répondre aux besoins de la DCE et de la DCSMM (critère D1C5 – « Extension et état des habitats propices aux espèces suivies»). Elle nécessite le **développement d’approches méthodologiques pour caractériser les communautés des différents habitats** (échantillonnages *in situ*), évaluer les performances individuelles des juvéniles (embonpoint, croissance...), et **déterminer les patrons d’utilisation des habitats** (traceurs environnementaux : isotopes stables, microchimie de otolithes, génétique, parasites...) [ELIT].

- Sur la base des données déjà acquises et en lien avec les travaux en cours, en particulier sur les phoques et les tortues marines, **développer des indicateurs** permettant d’utiliser les données de télémétrie et celles des capteurs associés (luminosité, profondeur, accélération...) pour évaluer le critère DCSMM D1C5 sur **les habitats propices de ces espèces** [ELIT], [EINT], [ELAR].

- Définir des seuils et valeurs de référence (quand ils n’existent pas déjà), analyser leur **dérive face aux changements globaux** (ex. les seuils du « très bon état » et du « bon état »). Les projets pourront en particulier s’intéresser aux compartiments planctonique et

benthique particulièrement sensibles aux variations environnementales [ELIT], [EINT], [ELAR] :

- analyser les séries de données de surveillance sur le long terme (tendances, ruptures...)
- évaluer le lien entre les métriques biologiques et la dérive des paramètres physico-chimiques attribuables aux tendances induites par le changement climatique.

- **Etude d'incertitudes des indicateurs existants** : à l'instar de travaux menés dans le cadre d'Aquaref, proposer une méthodologie pour évaluer les principales sources d'incertitudes liées à la mise en œuvre des indicateurs, tel qu'exigé par les directives européennes. Toute la chaîne (ou une partie) de production d'un résultat d'évaluation doit être considérée : des opérations de terrain (prélèvements, mesures, détermination...) au classement (classe d'état). Le projet doit aboutir à la détection des phases les plus problématiques/contributives vis-à-vis des incertitudes et les pistes d'amélioration proposées pour diminuer les incertitudes pouvant mener à un classement erroné [ELIT], [EINT], [ELAR].

La proposition doit prendre en compte les résultats des travaux réalisés dans le cadre d'Aquaref, par ex. les résultats des exercices inter-laboratoires (EIL) pour la détermination du phytoplancton (BECALM) ou relevées des données sur les herbiers de zostères.

- **Explorer les relations indicateurs biologiques / multi-pressions et impacts cumulés**

- Tester, voire définir la **sensibilité à une ou plusieurs pressions** connues, mesurées, estimées, ou calculées, des indicateurs existants pour les compartiments biologiques suivis par les directives marines (habitats ou espèces). En particulier, pour les indicateurs décrivant le fonctionnement des écosystèmes (par exemple, issus des modèles « Ecopath/Ecosim»), calibrer leurs réponses aux pressions (définir des seuils et valeurs de référence). Dans ce contexte (lien état/pression), réaliser une analyse critique des indicateurs existants et identifier les lacunes [ELIT], [EINT], [ELAR].

- Identifier les **données sur les pressions** à acquérir à une échelle spatio-temporelle pertinente, en plus des données déjà acquises, notamment dans le cadre des programmes de surveillance DCE et DCSMM pour répondre à l'évaluation du bon état écologique des descripteurs de pression de la DCSMM (par exemple, apports atmosphériques en nutriments, impacts de l'introduction d'espèces non-indigènes sur les habitats et les espèces et sur le fonctionnement des écosystèmes...). Identifier ou proposer un indicateur pertinent pour évaluer ces pressions [ELIT], [EINT], [ELAR].

- En prévision du prochain cycle DCSMM, les besoins conjoints pour **les objectifs environnementaux** et l'évaluation du bon état des espèces et des habitats concernent également [ELIT], [EINT], [ELAR] :

- le développement des méthodes pour qualifier et évaluer les sources de mortalité en mer de la mégafaune marine en lien avec les indicateurs

d'atteinte des objectifs environnementaux ou du bon état écologique visant ces pressions et espèces (e.g., les captures accidentelles et les collisions de mammifères marins, tortues, oiseaux marins et d'élastranchés et indicateur pour l'évaluation du critère D1C1 du BEE ; indicateur de l'objectif environnemental associé⁸).

- le développement d'outils pour qualifier les pressions générées par les activités de loisir en lien avec les OE ciblant ces activités⁹.
- le besoin de connaissances sur les volumes d'eau douce nécessaires à la satisfaction des besoins des espèces marines en zones estuarienne et panaches fluviaux, afin d'identifier un débit compatible avec le BEE et d'en tenir compte pour le partage de la ressource en eau et les règlements des ouvrages à l'échelle des bassins versants (en lien avec la quantification des pressions hydrologiques sur les masses d'eau littorales et avec l'indicateur d'atteinte de l'objectif environnemental DCSMM associé¹⁰).

- Réaliser un **état des lieux des indicateurs** permettant d'évaluer l'effet de la **contamination chimique** chronique et de l'eutrophisation sur l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire (par exemple : projet de suivi couplage pression/impact sur un habitat ou espèce en lien avec la qualité de l'eau pour identifier les indicateurs et seuils pertinents) [ELIT], [EINT], [ELAR].

- Proposer **des outils de diagnostic permettant d'identifier les pressions** à l'origine d'un état moins que « bon » déterminé par un ou plusieurs bio-indicateurs. L'outil peut être basé sur les différentes métriques pouvant être obtenues à partir des données de bio-surveillance (sélectionnées vis-à-vis de leur « sensibilité » aux différents proxys de pressions) et de données physico-chimiques et hydro-morphologiques. Une **approche écosystémique est à privilégier, à savoir, la prise en compte de plusieurs compartiments biologiques caractérisant l'écosystème. Un guide adressé aux gestionnaires** est attendu pour permettre de rechercher les pressions les plus probables à l'origine de la dégradation indiquée [ELIT], [EINT], [ELAR].

- **Pour les eaux littorales des DOM** [ELIT], [EINT]

- **Atlas dans les DOM:**

- Réaliser un atlas de l'endofaune de substrats meubles pour La Réunion [ELIT];
- Réaliser un atlas de l'épifaune de substrats durs pour La Réunion [ELIT].

- **Indices biologiques pour les eaux de transition** des DOM [ELIT] :

- Proposer une méthode d'évaluation de l'état écologique basée sur le phytoplancton des masses d'eau de transition de La Réunion ;

⁸ Indicateur d'OE D01-MT-OE03-ind2, cf. « Documents d'accompagnement au recueil de besoins »

⁹ Par exemple, voir dans les fiches OE en documents d'accompagnement, l'objectif environnemental D01-HB-OE01 ou les indicateurs d'atteinte D01-HB-OE3-ind3, D01-PC-OE03-ind4, D03-OE03-ind1.

¹⁰ Indicateur OE D07-OE05-ind2, cf. fiches OE en documents d'accompagnement

- Evaluer la pertinence de l'élément de qualité biologique « diatomées » pour l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau de transition de La Réunion, et le cas échéant, développer les indicateurs correspondants.

- **Indices biologiques pour les eaux côtières des DOM [ELIT] :**

- Développer des indicateurs basés sur l'endofaune de substrats meubles pour les Antilles ;
- Développer des indicateurs basés sur les macroalgues pour Mayotte ;
- Développer un indicateur phytoplanctonique basé sur la biomasse, l'abondance, et la composition pour les eaux côtières des Antilles. Il s'appuiera sur des données qualifiées acquises en Martinique et en Guadeloupe sur les paramètres i) analyses pigmentaires ii) les dénombrements de micro, nano et pico-phytoplancton et iii) les travaux en cours de publication sur l'interprétation des images satellitaires. *Ce travail prendra en compte les résultats des études déjà réalisées*¹¹

¹¹ . Lampert L, juin 2017. Calcul d'un indice de composition phytoplanctonique pigmentaire pour les eaux guyanaises (DCE). RST ODE/DYNECO/PELAGOS 2017-02

. Buchet R. (2014). Mise en oeuvre de la surveillance pour la Directive Cadre Européenne sur l'eau dans les départements d'Outre-mer. Volet littoral. Rapport Ifremer, 132 p.

. Creocean (2012). Acquisition de connaissance sur le compartiment phytoplancton dans les masses d'eau côtières de Martinique : pertinence du suivi pour la DCE. Rapport, 85 p.

. Gailhard-Rocher I. et al. (2012). Traitement des données phytoplanctoniques et pigmentaires disponibles dans les DOM. Analyse complémentaire des nouvelles données acquises et proposition de nouvelles acquisitions et approches complémentaires. Rapport Ifremer-CNRS. Livrable 1 : premières métriques et seuils pour les DOM à partir des données bancarisées dans Quadrige². Examen des données non bancarisées en vue de définir leur qualité, de proposer des métriques et des seuils, 42 p. Livrable 2 : rapport sur l'application de possibles indices phytoplanctoniques dans les DOM à partir de l'analyse des données disponibles ; proposition de métriques et seuils, 31 p.

. Catherine Belin, Anne Daniel, Antoine Hugué (Ifremer Nantes et Brest), Felipe Artigas (CNRS-ULCO). Convention n° SPEB/EMA/2013-001 du 31/10/2013 portant sur l'appui à l'élaboration de métriques et d'indices basés sur le phytoplancton pour le suivi de surveillance des masses d'eau littorales au titre de la DCE. Entre DEAL Martinique, ODE Martinique, Ifremer Nantes et CNRS-ULCO. Période du 1er mars 2013 au 31 décembre 2014. RAPPORT FINAL.

. Belin C., Daniel A., Artigas F. & Hugué A., 2014. Convention n° SPEB/EMA/2013-001 du 31/10/2013 portant sur l'appui à l'élaboration de métriques et d'indices basés sur le phytoplancton pour le suivi de surveillance des masses d'eau littorales au titre de la DCE. Entre DEAL Martinique, ODE Martinique, Ifremer Nantes et LOG Wimereux. Rapport intermédiaire, période du 1er mars au 31 décembre 2014. Rapport DYNECO/VIGIES/13-17. 24 p.

. Belin C., Daniel A., Hugué A. (Ifremer Nantes et Brest), Artigas F. (CNRS-ULCO), Thouard E. (Ifremer Martinique), 2015. Compte-rendu de missions en Guyane, Martinique et Guadeloupe, 27 octobre au 5 novembre 2014. Diffusé en janvier 2015, actualisé en juin 2015. 62 p.

. Belin C & Lamoureux A., 2015. Evaluation de la qualité des masses d'eau pour l'indicateur Phytoplancton en Martinique, selon les exigences de la DCE. Rapport DYNECO / VIGIES / 15-11. Version juillet 2015. 53 p.

. Daniel A. & Lamoureux A., 2015. Evaluation DCE 2009-2014 de la qualité des masses d'eaux côtières de Martinique. Elément de qualité : température. Rapport interne DYNECO/PELAGOS/15.04. Version juillet 2015. 26 p.

. Daniel A. & Lamoureux A., 2015. Evaluation DCE 2009-2014 de la qualité des masses d'eaux côtières de Martinique. Elément de qualité : transparence. Rapport interne DYNECO/PELAGOS/15.05. Version juillet 2015. 26 p.

. Daniel A. & Lamoureux A., 2015. Evaluation DCE 2009-2014 de la qualité des masses d'eaux côtières de Martinique. Elément de qualité : oxygène dissous. Rapport interne DYNECO/PELAGOS/15.06. Version juillet 2015. 25 p.

. Hugué A., 2015. Organisation détaillée des données benthiques Martinique dans Quadrige². Note du 15 juillet 2015. 16 p.

. Hugué A. & Soudant D., 2015. Utilisation des données satellite pour la surveillance de l'environnement marin en Martinique. Rapport DYNECO/VIGIES. Version juillet 2015. 40 p.

. Prévost E. & Artigas L.F., 2015. Analyse des abondances nano- et pico-phytoplanctoniques dans les eaux côtières de la Martinique (2013-2014). Rapport juillet 2015. 37 p.

. Ainsi que la dernière étude de l'Ifremer sur la variation des paramètres température, biomasse et turbidité sur plus de 10 années dans les eaux côtières antillaises (consolider et valider les grilles de qualité obtenues grâce aux mesures in situ au moyen de capteurs de haute résolution par satellite).

et contribuera / devra s'articuler aux réflexions sur ce compartiment pour les eaux de métropole (cf. supra et § 4.1.1).

- Développer des indices phytoplanctoniques basés sur l'imagerie satellitale cohérent avec les indices *in situ* pour Mayotte (également en lien avec les études réalisées ci-dessus) ;
- Expertiser la pertinence de l'EQB poisson pour les DOM insulaires.

Pour l'ensemble des projets retenus, les éléments ci-dessous devront être détaillés :

- description du jeu de données mobilisé (et métadonnées) dans le cadre du projet (volumétrie des données)
- bancarisation des données complémentaires acquises (si nécessaire) dans le cadre du projet
- rédaction d'un guide d'utilisation ou l'actualisation d'un guide si déjà existant
- fourniture des éléments nécessaires à l'intégration de l'indice dans le service de calcul du SEEE (note descriptive de la méthode de calcul, ensemble des éventuels tableaux de coefficients nécessaires au calcul, liste des taxons contributifs avec les éventuelles correspondances, fichiers d'exemple pour les données d'entrée et les résultats associés) <http://www.seee.eaufrance.fr/>
- publication scientifique
- organisation d'une réunion de restitution auprès des acteurs concernés

4.3 BESOINS RELATIFS A L'HYDROMORPHOLOGIE

4.3.1 Soutien technique aux opérations de surveillance et de l'évaluation hydromorphologique

- Une méthodologie de surveillance hydromorphologique basée sur différentes métriques (perturbation des fonds, modification des apports des bassins versants...) a été mise en œuvre par le BRGM afin d'évaluer l'état hydromorphologique des masses d'eau côtières et de transition dans le cadre de la DCE et de la DCSMM (D6 « Intégrité des fonds »). Concernant les masses d'eau estuariennes, plusieurs résultats sont obtenus sur les métriques hydro-morpho-sédimentaires (ex : défaut de convergence, hypsométrie, salinité et stratification, extension de la zone intertidale) par le GT dédié et les outils de modélisation testés (les rapports sont consultables auprès de la Mission Inter-estuaire¹² portée par l'AFB et le GIP Seine-aval).

L'étape suivante serait le développement d'une méthode hydro-morpho-sédimentaire (ex : modélisation) de la zone littorale pour décrire les habitats et leur évolution dans le temps sous l'effet des pressions anthropiques physiques, à partir des données existantes ou à acquérir (bathymétrie, trait de côte, flux des matières en suspension, courants, structures artificielles/morphologie...). Ces résultats sont attendus pour pouvoir notamment répondre à la problématique des masses d'eau fortement modifiées (MEFM), du « bon potentiel écologique » et du « potentiel maximum » de la DCE, et des descripteurs 6 (intégrité des

¹² mission.inter-estuaires@afbiodiversite.fr

fonds) et 7 (changements hydrographiques) de la DCSMM pour les eaux côtières. Différents scénarii doivent être proposés et la notion de « référence » ou de « bon état »/fonctionnement hydro-morpho sédimentaire discutée, tenant compte de l'hétérogénéité typologique des eaux littorales [ELIT].

Ce travail sera à faire en lien avec le projet du BRGM sur l'analyse des pressions agissant sur l'hydromorphologie des MEFM, les travaux réalisés dans le cadre du D6 et du D7 de la DCSMM, en différenciant les pressions qui sont « obligatoires » pour l'usage et donc non compressibles, des autres pressions, et leurs impacts sur les habitats biologiques littoraux (création des scénarii).

- Plusieurs bases de données sont créées à l'échelle nationale ou des façades pour recenser les perturbations / pressions hydro-morphologiques. Or, à ce jour, la surveillance systématique de l'évolution de ces pressions sur la façade Atlantique des eaux littorales et marines n'est pas mise en place. Il s'agit d'analyser les données de pressions existantes, pointer des manques importants, proposer des méthodes opérationnelles de surveillance de ces pressions à une échelle spatiale et temporelle pertinente [ELIT].

4.3.2 Rôle des facteurs hydromorphologiques (pressions) dans la structure, la répartition et le fonctionnement des composantes biologiques

- Analyse bibliographique des méthodes existantes de cartographie des habitats benthiques (dont, modélisation prédictive) à l'échelle des sous-régions marines (zones intertidales et subtidales et les domaines circalittoral, bathyal, abyssal au sens de la typologie EUNIS niveau 3 ou 4), et état des lieux des cartographies existantes. Les projets proposés devront aboutir à des recommandations techniques (zones lacunaires, protocoles à caractère opérationnel et stratégie d'échantillonnage/cartographie). A partir de ces résultats : examiner la possibilité de relever les impacts physiques dus aux activités, notamment sur les habitats du plateau continental, évaluer la surface des habitats dégradés par rapport à la surface totale des habitats et la surface d'une masse d'eau littorale ou d'une (sous) région marine (DCSMM et DHFF), afin de répondre aux exigences des directives et conforter l'expertise surfacique hydrobiologique [ELIT], [EINT], [ELAR].

Outre ces pressions physiques, les projets pourront également s'intéresser à d'autres pressions liées aux conditions hydromorphologiques comme, par exemple, les déchets flottants (zones d'accumulation ou zones « source ») ou les espèces non-indigènes (dissémination, conditions propices à leur installation...).

Enfin, l'évaluation de l'impact de ces pressions pourra concerner à la fois la perte d'habitat en termes de surface, leurs caractéristiques et leur fonctionnalité, ainsi que leur connectivité écologique, spatiale ou fonctionnelle.

L'ensemble des résultats serait à consigner dans un guide à destination des gestionnaires [ELIT], [EINT], [ELAR].

5. ANNEXE

Ecosystèmes terrestres dépendants des eaux souterraines : quelles méthodes pour appliquer la directive cadre européenne sur l'eau ?

Note de cadrage pour un appel à contribution de la recherche

Décembre 2016

Introduction

La DEB (MEEM), l'Onema et les agences de l'eau souhaitent mobiliser des chercheurs pour développer des méthodologies permettant aux bassins de mieux évaluer l'incidence des eaux souterraines sur les écosystèmes terrestres qui en dépendent, dans le cadre de l'application de la directive cadre européenne sur l'eau. Au niveau national, cette évaluation est actuellement menée à l'aide du test « écosystèmes terrestres » (guides d'évaluation de l'état chimique et quantitatif en annexe de la circulaire du 23 octobre 2012) qui vise à identifier les écosystèmes terrestres dont la qualité est dégradée à cause de prélèvements ou de pollution dans les eaux souterraines et de déclasser le cas échéant la masse d'eau considérée.

Cette note présente le contexte réglementaire, les étapes pressenties pour appliquer cette réglementation et les besoins en recherche identifiés. Elle sera utilisée pour mobiliser les chercheurs des domaines concernés. L'objectif de cette mobilisation est de définir des indicateurs qui permettront de traduire l'incidence des eaux souterraines sur les écosystèmes terrestres dépendants en terme quantitatif et qualitatif et de proposer l'utilisation de ces critères dans le cadre du futur état des lieux 2019.

1 Contexte réglementaire et bilan des pratiques

1.1 Que dit la directive cadre européenne sur l'eau ?

1.1.1 L'évaluation de l'état chimique et quantitatif : « des dommages importants aux écosystèmes terrestres qui dépendent directement de la masse d'eau souterraine »

La directive cadre sur l'eau (DCE) impose aux Etats membres de l'Union Européenne de veiller à la non-dégradation de la qualité des eaux et d'atteindre d'ici à 2015 (report en 2021 ou 2027 possible) un bon état général des eaux et notamment des eaux souterraines. Le territoire national a donc été

découpé en « masses d'eau souterraine » (environ 550 en France) dont l'état est déterminé par la plus mauvaise valeur de son état quantitatif et de son état chimique.

Or, pour évaluer l'état quantitatif et l'état chimique d'une masse d'eau, la DCE impose de prendre en compte les « écosystèmes terrestres dépendants des eaux souterraines » dans un test spécifique, ainsi qu'indiqué en annexe 5 et la notion de « dommages importants » est utilisée pour qualifier cette incidence :

« Le bon état quantitatif est celui où le niveau de l'eau souterraine dans la masse d'eau est tel que le taux annuel moyen de captage à long terme ne dépasse pas la ressource disponible de la masse d'eau souterraine. En conséquence, le niveau de l'eau souterraine n'est pas soumis à des modifications anthropogéniques telles qu'elles :

- empêcheraient d'atteindre les objectifs environnementaux pour les eaux de surfaces associées ;
- entraîneraient une détérioration importante de l'état de ces eaux ;
- occasionneraient des **dommages importants** aux écosystèmes terrestres qui dépendent directement de la masse d'eau souterraine (...) ; »

« Le bon état chimique est celui où « la composition chimique de la masse d'eau souterraine est telle que les concentrations de polluants :

- (...) ne montrent pas d'effets d'une invasion d'eau salée ou autre ;
- ne dépassent pas les normes de qualité environnementale précisés ci-après ;
- ne sont pas telles qu'elles empêcheraient d'atteindre les objectifs environnementaux spécifiés au titre de l'article 4 pour les eaux de surface associées, entraîneraient une diminution importante de la qualité écologique ou chimique de ces masses ou occasionneraient des **dommages importants** aux écosystèmes terrestres associés.(...) »

1.1.2 Caractérisation initiale des masses d'eau souterraine : « l'existence d'écosystèmes terrestres directement dépendants »

La Directive Cadre demande de dresser un état des lieux de l'ensemble des ressources en eau des bassins hydrographiques. Pour les eaux souterraines, cela se traduit par une caractérisation initiale et l'identification du risque de non atteinte des objectifs de la DCE. Une caractérisation détaillée est requise pour les masses d'eau à risque. Les écosystèmes terrestres dépendants sont cités dans ces caractérisations (annexe 2).

« Les États membres effectuent une caractérisation initiale de toutes les masses d'eaux souterraines pour évaluer leurs utilisations et la mesure dans laquelle elles risquent de ne pas répondre aux objectifs de chaque masse d'eau souterraine prévus à l'article 4. Les États membres peuvent regrouper des masses d'eaux souterraines aux fins de cette caractérisation initiale. Cette analyse peut utiliser des données existantes sur les plans hydrologiques, géologique, pédologique, sur celui de l'utilisation des sols, des rejets, des captages ainsi que d'autres données, mais elle doit définir :

- l'emplacement et les limites de la masse ou des masses d'eau souterraine,
- les pressions auxquelles la ou les masses d'eau souterraine sont susceptibles d'être soumises, y compris :
- les sources de pollution diffuses,

- les sources de pollution ponctuelles,
- le captage,
- la recharge artificielle,
- le caractère général des couches supérieures de la zone de captage dont la masse d'eau souterraine reçoit sa recharge,
- les masses d'eau souterraines pour lesquelles il existe des écosystèmes d'eaux de surface ou des écosystèmes terrestres directement dépendants. »

1.1.3 Caractérisation détaillée : un inventaire détaillé, des directions et taux d'échange entre la masse d'eau souterraine et les écosystèmes terrestres

« Après la caractérisation initiale, les États membres effectuent une caractérisation plus détaillée de ces masses ou groupes, de masses d'eau souterraine qui ont été recensées comme courant un risque, afin d'établir une évaluation plus précise de l'importance de ce risque et de déterminer toute mesure requise en vertu de l'article 11. En conséquence, cette caractérisation doit comporter des informations pertinentes sur l'incidence de l'activité humaine et, le cas échéant, des informations pertinentes concernant :

- les caractéristiques géologiques de la masse d'eau souterraine, y compris l'étendue et le type des unités géologiques,
- les caractéristiques hydrogéologiques de la masse d'eau souterraine, y compris la conductivité hydraulique, la porosité et le confinement,
- les caractéristiques des dépôts superficiels et des sols dans la zone de captage dont la masse d'eau souterraine reçoit sa recharge, y compris l'épaisseur, la porosité, la conductivité hydraulique et les propriétés d'absorption des dépôts et des sols,
- les caractéristiques de stratification de l'eau souterraine au sein de la masse,
- un inventaire des systèmes de surface associés, y compris les écosystèmes terrestres et les masses d'eau de surface auxquels la masse d'eau souterraine est dynamiquement liée,
- des estimations des directions et taux d'échange de l'eau entre la masse souterraine et les systèmes de surface associés, et des données suffisantes pour calculer le taux moyen annuel à long terme de la recharge totale,
- la caractérisation de la composition chimique des eaux souterraines, y compris la spécification des contributions découlant des activités humaines. Les États membres peuvent utiliser des typologies pour la caractérisation des eaux souterraines lorsqu'ils établissent des niveaux naturels pour ces masses d'eau souterraine. »

A noter que les seuils de qualité des substances concernées par la DCE doivent être revus au regard des interactions entre la masse d'eau souterraine et les écosystèmes terrestres dépendants et que ces nouveaux seuils doivent être utilisés pour caractériser le bon état. Les états membres doivent mettre en place des mesures pour éviter ou remédier à tout dommage significatif de ces écosystèmes terrestres lorsque ces dommages sont le résultat d'altération anthropogénique du niveau de la nappe ou de sa qualité.

1.2 Quelles méthodes sont proposées dans les guides techniques européens pour appliquer ce texte ?

La Commission européenne a proposé plusieurs guides qui traitent de ce sujet (guide sur les milieux humides dans la directive cadre sur l'eau EU 2003, guide général sur l'état des eaux souterraines EU, 2009, rapport technique spécifiquement sur les écosystèmes terrestres dépendants des eaux souterraines EU 2011a, rapport sur le lien entre la directive habitat et la directive eau EU 2011b). En 2013 a eu lieu un retour d'expérience européen de l'application de cette partie de la directive (EU 2014, synthétisé dans l'annexe 1).

Dans la plupart de ces documents, il est proposé de travailler en séquences :

- **Identification des écosystèmes terrestres dépendants des eaux souterraines** : souvent, il est proposé de travailler à partir des délimitations de Natura 2000 et d'identifier les sites qui sont dépendants des eaux souterraines (via la typologie des habitats ou la végétation spécifique par exemple), et de compléter avec d'autres sites qui sont remarquables du point de vue écologique ou socio-économique.
- **Détermination du risque / du niveau de dégradation de l'écosystème** : deux approches (combinables) sont proposées : s'appuyer sur les données de la masse d'eau souterraine (approche « risque ») ou de l'écosystème (approche « besoins »). Dans l'approche « risque » (EU 2003), il est proposé d'analyser les pressions exercées sur la masse d'eau souterraine identifiée (i.e. les modifications fortes du niveau de la nappe ou de la qualité de l'eau) puis de pousser l'analyse pour savoir s'il y a une dégradation avérée (ou à venir) de l'écosystème. Le guide de 2011 propose d'appliquer le concept de « source/pathways/receptor ». Dans l'approche « besoin de l'écosystème » (EU 2011), les écologues proposent de définir la quantité et la qualité de l'eau souterraine nécessaire à l'écosystème pour son fonctionnement écologique ou socio-économique ; cela permet notamment de définir des seuils de concentration de polluants en eau souterraine à ne pas dépasser (en tenant compte des processus de dilution/atténuation) pour ne pas dégrader les écosystèmes (seuils qui servent alors à définir l'état chimique des eaux souterraines).
- **Etablissement d'un système de surveillance** combinant l'hydrogéologie et l'écologie pour les écosystèmes à risque qui permet de comprendre les liens entre le niveau (ou la qualité) de la masse d'eau souterraine et les éventuelles dégradations de l'écosystème afin de déterminer l'état de la masse d'eau souterraine ; à noter qu'il n'y a pas d'obligation claire de suivre les écosystèmes terrestres dépendants des eaux souterraines dans la DCE ; le suivi des niveaux et de la qualité des eaux souterraines devant, quant à lui, être cohérent avec la définition de l'état des masses d'eau.
- **Détermination de l'état de la masse d'eau souterraine** : connaissant les pressions quantitatives et qualitatives exercées sur la masse d'eau souterraine, le lien avec l'écosystème, les besoins de cet écosystème et le cas échéant l'état de dégradation, on en déduit le résultat du test « écosystème terrestre dépendants des eaux souterraines » dans la définition de l'état chimique ou quantitatif. La question de la surface relative de l'écosystème concerné par rapport à la masse d'eau souterraine doit dans certains cas être considérée (cf EU, 2011)
- **Mise en place de mesures** pour éviter ou remédier aux dommages causés aux écosystèmes ; ce point est relativement peu détaillé dans les guides.

1.3 Comment ce texte est-il appliqué en France ?

Synthèse nationale

Sur la base des guides d'évaluation de l'état chimique et quantitatif (annexes de la circulaire de 2012) et dans le cadre de la réalisation de l'état des lieux 2013, les écosystèmes terrestres dépendants des eaux souterraines ont été abordés en France de la façon suivante :

- **Identification des écosystèmes terrestres dépendants des eaux souterraines** : elle s'est faite à dire d'experts, en tenant compte des sites Natura 2000 mais également d'autres zones protégées ou remarquables. Les approches n'étaient pas homogènes suivant les bassins hydrographiques ; les écologues et hydrogéologues n'avaient pas de définition commune.
- **Détermination du risque ou du niveau de dégradation** : une priorisation des écosystèmes à étudier plus en détail (comme demandé par la DCE) a été faite en se basant sur les pressions et la vulnérabilité des différents sites identifiés dans l'étape 1 ; les dégradations de ces écosystèmes n'ont pas été étudiées car il n'y a pas de méthode standard pour cela.
- **Etablissement d'un système de surveillance** : il n'y a pas de surveillance spécifique à la question des écosystèmes dépendants des eaux souterraines ; cependant, il est possible de s'appuyer sur des études locales et des réseaux de surveillance existants : suivi des milieux humides (150 milieux suivis tous les 10 ans), suivi des eaux souterraines (qualité, quantité). Le croisement de ces données a été fait à l'échelle du bassin hydrographique ou de certains sites, mais pas au niveau national (contrairement aux données hydrogéologiques, les données écologiques n'étant pas disponibles à l'échelle nationale, sauf en partie pour les sites Natura 2000).
- **Détermination de l'état de la masse d'eau souterraine** : suite aux étapes ci-dessus, certaines masses d'eau ont été dégradées par le test « écosystème terrestre dépendants » au premier cycle (voir tableau page suivante).

Pour préparer le deuxième cycle, plusieurs initiatives ont été lancées :

- **Identification des écosystèmes terrestres dépendants des eaux souterraines** : le BRGM a fait un travail à l'échelle nationale pour identifier les sites Natura 2000 ayant des habitats ou des espèces spécifiques aux écosystèmes dépendants des eaux souterraines (Auterives et al. 2012). La méthodologie, et en particulier la liste des habitats, était issue de l'expérience du Royaume Uni et mériterait d'être adaptée aux écosystèmes français. Ces zones ont ensuite été croisées avec une cartographie de l'épaisseur moyenne de la zone non saturée (donc la profondeur de la nappe libre). Pour 20% des sites Natura 2000 comparés (280 sites sur 1368 analysés), la présence d'une espèce ou d'un habitat indicateur d'une eau souterraine est confirmée par la présence d'une nappe proche de la surface. Pour 15% d'entre eux, les deux approches s'accordent pour montrer une absence de lien avec les eaux souterraines. Pour le reste (65% des sites étudiés), les résultats ne convergent pas ou ne sont pas significatifs pour l'une ou l'autre approche. Cette méthode doit donc être complétée. A noter que le MNHN (Puissauve et Hérard 2015) a proposé une liste des zones Natura 2000 à composante « eau » (souterraine ou de surface, à partir des espèces et des habitats « aquatiques-humides » et de l'occupation du sol « zone humide » ou « surface en eau » de Corine land cover) pour les

inclure dans le registre des zones protégées au titre de la DCE. La spécificité eau souterraine n'a pas pu être prise en compte dans ce travail faute d'une méthode consolidée.

- **Détermination d'un niveau de dégradation et surveillance des écosystèmes** : depuis 2014, le MEDDE fédère les agences autour de la question de la surveillance des milieux humides pour harmoniser les pratiques et les indicateurs utilisés. Les indicateurs du projet « Rhomeo » proposé par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse serviraient de base à cette réflexion. Cette initiative pourrait contribuer à mieux caractériser à la fois le lien aux eaux souterraines (le niveau d'eau et sa variabilité font partie des indicateurs) et la dégradation éventuelle de l'écosystème. Par ailleurs, l'Onema a effectué une enquête auprès de gestionnaires de milieux humides (incluant des zones Natura 2000, mais pas seulement) pour savoir si et comment les données sur les eaux souterraines étaient collectées (nombre de piézomètres, fréquence de mesures etc).

Le retour d'expérience des autres états européens sur le sujet est synthétisé en annexe 1, le rapport de 2013 décrivant plus en détails les choix de chaque pays. Par ailleurs, en annexe 2 sont listés les indicateurs actuels de suivi des milieux humides en France.

Exemples de méthodologie utilisée dans les bassins versants français pour le test ESO/ZH (état des lieux 2013)

Bassin	Identification des écosystèmes terrestres dépendants : sites déjà reconnus (Natura 2000 etc)	Evaluation du risque de dégradation ou de la dégradation avérée de l'écosystème (indicateurs utilisés le cas échéant ?)	Nb de MESO déclassée (qualité, quantité)
Adour Garonne	zones Natura 2000 du bassin (export avril 2012)	voir méthodologie définie dans le rapport BRGM 62452-FR de juin 2013 (pages 47 à 52) http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-62452-FR.pdf site Natura 2000 de surface >20% de la surface de la MESO en zone de prélèvement important 3 indicateurs : prélèvements importants, prélèvements à la hausse, dégradation de la MESO par test ESU-ESO +« site Natura 2000 associé à l'ESU »	ce test n'a pas été pris en compte dans l'évaluation de l'état quantitatif*
Loire Bretagne	Sur la base de l'inventaire des zones humides (40% du territoire) / Natura2000	Constat partagé et bien connu concernant le marais Poitevin depuis les années 90/2000 : observation de la baisse des niveaux piézométriques au printemps/été en lien avec une diminution de l'emprise de la ZH au nord et au sud et altération du fonctionnement de la ZH en période	2 MESO déclassées pour ce test (quantité uniquement)

		estivale. Par ailleurs, le Forum des Marais Atlantique et l'ONEMA ont été consultés pour retour de leur part sur d'autres ZH/ET en lien avec ESO et dégradés : RAS Enfin lors de la consultation de l'EDL2013, aucun autre retour n'a été noté	
SN	Natura 2000 avec une zone humide + croisement critère écologique (espèces, habitat caractéristiques) et hydrologique (profondeur de nappe)+ études locales + dires d'experts ; total : 128 sites	Pollution « avérée » sur 30 sites (10 masses d'eau concernées) et pas de pollution sur 8 sites ; faute de données suffisantes, pas de caractérisation possible sur 90 sites	10 masses d'eau pour la qualité

2 Principales difficultés et résultats attendus d'un projet de recherche

/!\ Sont surlignés **en vert** les besoins pour lesquelles des études sont déjà en cours de réalisation et pour lesquels de nouveaux projets ne sont pas attendus actuellement.

2.1 Développer des indicateurs sur la dépendance d'un écosystème terrestre aux eaux souterraines

L'expérience des différents pays européens a montré l'intérêt d'utiliser des zones Natura 2000 et des zones remarquables ou protégées existantes. Il faut alors identifier celles qui sont dépendantes des eaux souterraines à partir d'indicateurs.

Indicateurs écologiques : ceux-ci s'appuient sur la présence ou non d'une espèce ou d'un habitat dépendant des eaux souterraines. Mais plusieurs questions se posent sur la définition (pas de liste nationale existante) et l'utilisation de ces indicateurs (cf. rapport BRGM/RP-61677-FR) :

- L'absence d'espèce ou d'habitat est-elle une absence avérée ou une lacune dans l'inventaire ?
- En cas d'absence d'espèce ou d'habitat indicateur d'eau souterraine, peut-on conclure à une absence de dépendance ? (cas où d'autres pressions s'exercent sur les espèces indicatrices comme la fauche ou pâture ou cas où ce sont les flux d'eau sortant de l'écosystème qui dépendent du niveau de la nappe, la végétation pouvant être indicatrice de présence d'eau de surface¹³)

13 Ce cas doit être retenu pour le test de l'évaluation de l'état quantitatif des eaux souterraines, mais pas pour le test de l'évaluation chimique, car la qualité des eaux de la nappe n'influencera pas la qualité des eaux qui transitent dans l'écosystème.

- A partir de quel seuil (exprimé en nombre d'individus, en surface d'habitat par exemple) considère-t-on que l'écosystème est dépendant des eaux souterraines ?
- Peut-on qualifier la sensibilité des espèces ou habitats à la présence d'eau souterraine, sensibilité qui pourrait être incluse dans un indicateur ?

Des travaux scientifiques pourraient être menés pour améliorer les indicateurs écologiques reflétant une alimentation en eau souterraine d'un milieu humide :

- valider et compléter la liste des espèces et habitats identifiés comme révélateurs d'une dépendance de l'écosystème terrestre aux eaux souterraines, en tenant compte de leur sensibilité à ces eaux souterraines (liste à présenter par zone géographique ?). L'intégration des départements d'outre-mer à cette réflexion serait un plus.
- proposer des indicateurs écologiques (ex : nombre d'individu par surface, % surface de tel habitat, pondération avec la sensibilité, etc) et des seuils à partir desquels l'écosystème terrestre peut être considéré comme dépendant des eaux souterraines. Ces indicateurs peuvent être développés par types de milieu.

On note qu'en s'appuyant sur ce type d'indicateurs écologiques, on ignore les écosystèmes dépendants des eaux souterraines, mais dont la dégradation ou le mode de gestion est tel qu'il n'y plus les espèces ou les habitats spécifiques de cette dépendance.

Indicateurs hydrogéologiques : pour compléter les indicateurs écologiques, il peut être intéressant de regarder l'hydrogéologie des sites. Plusieurs pistes sont envisageables : diagnostic rapide du fonctionnement hydrologique des sites Natura 2000 (bilan entrée sortie d'eau) en utilisant par exemple une typologie (plutôt pour une approche nationale donc), utilisation de bases de données nationales sur la profondeur de la nappe (cf travail du BRGM), utilisation des données locales de piézométrie lorsqu'elles sont disponibles (comment les valoriser ?).

Des travaux scientifiques pourraient être menés sur :

- le développement d'une méthodologie pour estimer si (i) une eau souterraine alimente (significativement ?) un milieu humide (ii) les sorties d'eau du milieu humide vers une nappe sont significatives et contrôlées par le niveau de la nappe (approche nationale et locale)
- des indicateurs issus de ces résultats pour caractériser un site dépendant des eaux souterraines
- des méthodes pour combiner les indicateurs écologiques et hydrogéologiques : quelles incertitudes liées à chacun d'eux, comment faire lorsque les résultats divergent ?

Autres indicateurs ? Les approches écologiques et hydrogéologiques sont celles trouvées dans la littérature grise. Il peut exister d'autres approches potentiellement intéressantes pour caractériser la dépendance d'un écosystème à une eau souterraine, par exemple des approches pédologiques, des mesures de température de l'eau ou l'utilisation d'autres traceurs.

Point de vigilance : ces indicateurs devront être appliqués sur un grand nombre de sites en France, il est donc important de les bâtir à partir de données disponibles à l'échelle nationale, ou faciles à collecter.

2.2 Déterminer une méthode d'estimation du risque de dégradation

Il s'agit à ce stade d'étudier si le site identifié dans la première phase a un risque d'être dégradé par la masse d'eau souterraine dont il dépend. Il est donc proposé de travailler ici sur les pressions anthropiques exercées sur les eaux souterraines qui se répercutent sur l'écosystème. Les pressions sur les masses d'eau étant relativement bien connues et identifiées, il s'agit surtout de comprendre le lien avec l'écosystème. Puis, le site devra ensuite faire l'objet d'une analyse plus détaillée; la détermination du besoin de l'écosystème et de sa dégradation par les pressions se faisant à l'étape suivante.

Des travaux scientifiques pourraient être menés pour :

- Améliorer la connaissance sur le lien potentiel entre les pressions anthropiques (pollution et prélèvement) et les milieux humides, notamment à partir des circulations d'eau souterraine vers et dans les milieux humides.

Point de vigilance : utiliser dans la mesure du possible les informations existantes sur les pressions telles qu'elles sont collectées dans le cadre de la DCE.

2.3 Caractériser la dégradation d'un écosystème terrestre liée à une dégradation des eaux souterraines (quantité/qualité)

Cette caractérisation semble particulièrement délicate d'après les retours d'expérience. Il est possible de travailler sur :

- les « besoins » (ou « conditions ») des écosystèmes terrestres (besoin en terme de quantité et de qualité d'eau)
- l'évolution de leur « qualité » qu'il faut ensuite relier à l'évolution de la qualité/quantité des eaux souterraines.

Des travaux scientifiques doivent être menés pour :

- définir des indicateurs sur la dégradation d'un écosystème terrestre ; ces travaux pourront compléter les données collectées dans le cadre de Natura 2000 et devront être menés en lien avec le projet d'homogénéisation de la surveillance du fonctionnement des milieux humides (reprise d'indicateurs du projet Rhoméo et suites à donner) ;
- développer des méthodologies d'évaluation des « besoins » ou « conditions » de l'écosystème vis-à-vis de la quantité ou de la qualité des eaux souterraines et développer des indicateurs abiotiques avec des seuils
- proposer des méthodologies de suivis des écosystèmes terrestres dépendants des eaux souterraines pour suivre les écosystèmes terrestres à risque, leur dégradation et les effets d'éventuelles mesures prises pour limiter cette dégradation

Point de vigilance : pour cette étape, il sera stratégique de se placer sur des sites spécifiques, en essayant de couvrir tous les types de milieux humides présents en France, et en comparant des sites dont la masse d'eau souterraine est préservée avec des sites dont la masse d'eau souterraine est altérée.

2.4 Proposer une démarche générale pour appliquer le test

La démarche exposée dans les parties précédentes reprend les étapes proposées dans les guides et/ou appliquées dans certains pays. Néanmoins, il est possible que ces étapes ne soient pas toutes pertinentes et faisables ; **les travaux de recherche pourront également portés sur l'amélioration de la démarche générale.**

En particulier, l'exploitation de l'étape décrite au paragraphe 2.3 pour la définition de l'état d'une masse d'eau requiert de passer de l'échelle d'un site Natura 2000 à une masse d'eau souterraine dont la surface peut être importante ou contraire réduite par rapport à celle du site. Ce changement d'échelle sera à considérer dans l'élaboration de la démarche générale. Il est proposé à ce stade de s'intéresser aux zones humides dont la superficie est significative par rapport à la superficie de recharge de la masse d'eau souterraine.

Bibliographie :

Auterives C., Allier D., Pinson S. (2012) Proposition d'une méthodologie d'identification des liens eau souterraine et écosystèmes terrestres. Rapport final. BRGM/RP-61677-FR, 85 p

EU (2003). Guidance Document No 12. Horizontal Guidance on the Role of Wetlands in the Water Framework Directive.

EU (2009). Guidance Document No18. Guidance on groundwater status and trend assessment.

EU (2011a). Technical Report No. 6. Technical Report on Groundwater Dependent Terrestrial Ecosystems.

EU (2011b). Links between the Water Framework Directive and Nature Directives. Links between the Water Framework Directive (WFD 2000/60/EC) and Nature Directives (Birds Directive 2009/147/EC and Habitats Directive 92/43/EEC). Frequently Asked Questions.

EU (2014) Technical Report N°8. Technical report on methodologies used for assessing groundwater dependent terrestrial ecosystems. Technical Report 2014-081

Puissauve R., Hérard K., 2015. Liste préliminaire des sites Natura 2000 pour l'actualisation du Registre des zones protégées de la Directive cadre sur l'eau (2015) Note méthodologique. Rapport MNHN-SPN 2015 -1. Service du Patrimoine Naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. 10 pages

Annexe 1 : retour d'expériences des pays européens

Cette annexe synthétise un rapport de 2013 qui présente les pratiques de différents états membres pour prendre en compte les écosystèmes terrestres dépendants des eaux souterraines dans l'application de la DCE. Ce rapport s'appuie les réponses à un questionnaire envoyé à tous les états membres.

1. Identification des écosystèmes terrestres potentiellement dépendants des eaux souterraines :

La plupart des pays ont utilisé les sites Natura 2000 complétés par d'autres désignations nationales pour pré-identifier les écosystèmes potentiellement intéressants.

Pour l'identification finale, une ou plusieurs pistes ont été suivies :

- Utilisation de la typologie des habitats des sites Natura 2000
- Définition de critères communs pour décider si un milieu humide est considéré comme écosystème dépendant des eaux souterraines ou non
- Dire d'experts est souvent requis.
- Approche bottom-up (avec des données terrain)

2. Estimation de la dégradation de l'écosystème, quantification de cette dégradation

Tous les états membres disent que c'est difficile. Certains utilisent des critères particuliers de dégradation, d'autres utilisent le rapportage pour Natura 2000, des études terrain (comparaison écosystème « référence » et écosystème avec des pressions connues exercées sur l'ESO) avec ou des jugements d'experts. D'autres se sont appuyés sur des facteurs abiotiques (pressions, tendances) pour déterminer si la nappe pouvait dégrader l'écosystème, plutôt que de considérer l'écosystème lui-même.

3. Bancarisation des données

La moitié des états membres ont collecté les données concernant les écosystèmes dépendants des eaux souterraines à partir des réseaux de surveillance nationaux. Certains pays se sont appuyés sur des études sur des habitats, d'autres ont des programmes spécifiques de collecte d'information sur le sujet.

4. Qui bancarise les données ? qui coordonne ?

Le pilotage est souvent national. Certains pays ont des groupes de travail, qui travaillent à des échelles locales.

5. Quelles sont les retours d'expérience utiles pour le deuxième cycle ?

Plusieurs axes d'améliorations ont été proposés :

- Développer des critères sur la dépendance à l'eau souterraine et sur la dégradation d'un écosystème
- Améliorer les méthodologies d'évaluation des « conditions » de l'écosystème dépendant des eaux souterraines et développer des critères abiotiques avec des seuils

- Collecter plus de données de suivi
- Améliorer la connaissance des pressions et des circulations d'eau souterraine dans les milieux humides et les relier à des mesures

Le rapport souligne le fait que tout le processus va prendre du temps : déterminer quels milieux humides a besoin d'être évalué, de collecter assez de données pour l'évaluer et de mettre en œuvre les mesures pour atténuer les pressions qui les affectent.

Il faudrait également plus de lien entre les écologues et les hydrogéologues, plus d'échanges entre les pays, en particulier sur les critères de sélections des écosystèmes dépendants, d'évaluation de la dégradation, sur la démarche en général et sur l'utilisation de critères de suivi des écosystèmes. Les pays souhaiteraient également l'établissement d'un état de référence vers lequel tendre et l'échange de connaissances sur le lien pression – condition des écosystèmes pour à terme identifier les mesures à prendre.

Difficultés majeures

Il n'y a pas une manière unique d'identifier et de catégoriser les écosystèmes dépendants des eaux souterraines en Europe, qui pourrait être pertinente du point de vue écologique et permettre des critères pour chaque catégorie. De plus il est difficile de définir la notion de « dégradation significative » de cet écosystème. Certains états membres ont fait beaucoup de progrès mais la traduction d'exigences estimées pour un site spécifique en critère pour une masse d'eau souterraine dans sa globalité reste un challenge.

Annexe 2 : Analyse de l'existant concernant les indicateurs de suivi des Milieux Humides

Indicateur du projet national MHÉO

Le projet MHÉO a pour objet de proposer des éléments de cadrage pour la mise en place de suivis et d'indicateurs de l'état des milieux humides dans les bassins versants et leur prise en compte dans les SDAGE .

A ce stade du projet, voici ci-dessous la liste des protocoles de suivi proposés pour être mis en commun au niveau national :

•P01 (RhoMéO, 2013) Pédologie

Le sol est décrit après prélèvement à la tarière (gouge, Edelman ou canne pédologique) sur la partie supérieure du sol (50 à 60 premiers centimètres). Pour des cas spécifiques où le sol ne peut être prélevé, des fosses pédologiques peuvent être réalisées à la bêche. Chaque horizon est caractérisé à l'aide des descripteurs de la fiche terrain.

Les différents horizons sont caractérisés par les modalités (généralement 4 possibles) de 17 descripteurs de texture, de structure et de couleur.

•P02 (RhoMéO, 2013) Flore

La flore d'un site est évaluée par la réalisation d'inventaires (les relevés) sur un ensemble de placettes réparties de manière à échantillonner le plus d'habitats naturels possibles. Sur chaque placette, on note l'ensemble des espèces présentes à l'intérieur de celle-ci et on en estime le recouvrement. On note également la taille de la placette, la physionomie de la végétation, le recouvrement et la hauteur des différentes strates de la végétation.

La position des placettes est mesurée avec un GPS, de même que la distance au point d'origine du transect.

•P03 (RhoMéO, 2013) Piézométrie

Il s'agit de suivre les variations de la nappe d'eau dans le sol et de traduire la dynamique hydrologique de la zone humide. Pour cela, un piézomètre, servant de puits d'observation, est installé et équipé d'une sonde de pression permettant l'enregistrement automatique des valeurs de hauteur de nappe.

•P04 (RhoMéO, 2013) Odonates

Les données collectées sont des informations de présence/absence des espèces, complétées d'informations semi-quantitatives et qualitatives sur un réseau de points d'observation.

L'échantillonnage est stratifié pour répartir la pression d'observation sur les différents habitats odonatologiques.

- P05 Amphibiens (Rhoméo 2013, à adapter)

Sur base du protocole décrit dans la boîte à outils RhoMÉO, 2013 ayant pour objectif de réaliser un inventaire calibré et reproductible du peuplement d'amphibiens de la zone humide, le plus complet possible dans un minimum de temps, il est proposé un travail mutualisé à l'échelle nationale pour l'élaboration d'un protocole partagé permettant le lien avec d'autres protocoles utilisés largement, et l'utilisation dans le cadre de l'évaluation des fonctions.

- P06 Pression de l'artificialisation (RhoMÉO, 2013)

Le protocole consiste à modéliser l'espace artificialisé à partir des données vectorielles spatialisées (bâti et réseaux de transport) et de la qualifier suivant la structure du bâti. Les résultats sont ensuite extraits à deux échelles géographiques : le site et le territoire dans lequel il s'inscrit. En cas d'utilisation de la BD Topo, composante géographique du Référentiel à Grande Échelle (RGE) de l'IGN, les thèmes bâti et réseaux de transport sont utilisés.

- P07 Pression de pratiques agricoles (RhoMÉO, 2013)

Le protocole consiste à croiser les enveloppes géographiques des sites (contour zone humide et périphérie immédiate) et de leur territoire (bassin versant de masse d'eau) avec les données spatialisées des îlots cultureux extraites du Registre Parcellaire Graphique (RPG), un système d'information Géographique permettant l'identification des parcelles agricoles.