

Bassin de La Réunion

Synthèse des méthodes et critères mis en oeuvre pour élaborer le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux

DOCUMENT
D'ACCOMPAGNEMENT
DU SDAGE 2016 - 2021

Crédit photo : Serge GÉLABERT



PRÉFET
DE LA RÉGION
RÉUNION





Crédit photo : shutterstock

Table des matières

| | |
|--|----|
| Les masses d'eau superficielles :..... | 4 |
| 1- Cours d'eau..... | 4 |
| Conditions de références :..... | 6 |
| Evaluation de l'état chimique des cours d'eau..... | 9 |
| Les masses d'eau disposant d'une station de surveillance des paramètres de l'état chimique sont au nombre de 13. Il s'agit des masses d'eau suivantes :..... | 9 |
| Les substances suivies..... | 10 |
| L'évaluation de l'état chimique..... | 10 |
| L'indice de confiance..... | 10 |
| Evaluation de l'état écologique des cours d'eau..... | 10 |
| Le développement de bioindicateurs pour les cours d'eau..... | 10 |
| Nuances et limites de ces bioindicateurs pour les cours d'eau..... | 11 |
| Principe d'évaluation des éléments de qualité physico-chimique..... | 11 |
| Principe d'évaluation de la qualité au regard des polluants spécifiques de l'état écologique..... | 11 |
| Évaluation de la qualité hydromorphologique des cours d'eau..... | 12 |
| Les données mobilisées..... | 12 |
| 2- Plans d'eau..... | 12 |
| Conditions de références :..... | 12 |
| Evaluation de l'état chimique des plans d'eau..... | 12 |
| L'état chimique des masses d'eau suivies..... | 12 |
| L'état chimique des masses d'eau non suivies..... | 12 |
| Évaluation de l'état écologique des plans d'eau..... | 12 |
| Évaluation de l'état biologique..... | 12 |
| Evaluation de l'état physico chimique..... | 12 |
| 3- Masses d'eau côtière..... | 14 |
| Conditions de références :..... | 14 |
| Evaluation de l'état chimique des masses d'eau côtière :..... | 14 |
| Evaluation de l'état écologique des masses d'eau côtière :..... | 14 |
| Évaluation de l'état biologique..... | 14 |
| Evaluation de l'état physico-chimiques..... | 15 |
| Evaluation de l'état Hydromorphologique..... | 15 |
| 4- Zones de mélange..... | 16 |
| Masses d'eau souterraine :..... | 18 |
| 1- Valeurs-seuils..... | 18 |
| 2- Procédure d'évaluation de l'état chimique..... | 19 |
| 3- Tendances..... | 24 |
| Bibliographie..... | 27 |

Les masses d'eau superficielles :

La notion de « masse d'eau » a été introduite par la Directive Cadre sur l'Eau.

Les masses d'eau constituent le référentiel cartographique élémentaire de la directive cadre sur l'eau. Elles servent d'unité d'évaluation de la qualité des eaux.

Les masses d'eau superficielles continentales comprennent 27 masses d'eau de type « cours d'eau » et 3 masses d'eau de type « plan d'eau » à La Réunion.

Elles sont regroupées selon une typologie. Un type de masse d'eau est défini comme l'ensemble des masses d'eau de surface de mêmes conditions de référence biologique, lorsque les altérations dues aux activités humaines sont nulles ou très faibles.

Les masses d'eau littorales sont au nombre de 12, dont 8 masses d'eau côtières et 4 masses d'eau récifales.

Une masse d'eau doit présenter une certaine homogénéité du point de vue des caractéristiques naturelles (pour que les conditions de référence y soient homogènes) et du point de vue des pressions exercées par les activités humaines (pour que l'état constaté y soit homogène).

Pour les masses d'eau, des méthodes communes de délimitation et d'évaluation de leur état ont été développées au niveau national, afin d'assurer une cohérence sur l'ensemble des districts hydrographiques français, en adéquation avec les règles européennes.

1- Cours d'eau

La prise en compte de la répartition spatiale de la pluviométrie et de la géomorphologie des bassins versants des rivières a abouti à la définition de 6 hydro-écorégions pour La Réunion :

Versants sud-ouest secs

Versants orientés au Sud Ouest, dissociés en deux unités (piton des Neiges et piton de la Fournaise). Réseau hydrographique composé de ravines à écoulement non permanent (excepté la partie aval de la ravine St Gilles, qui est une résurgence) ;

Cirques sud-ouest sous le vent

Structure de réseau hydrographique ramifié se rassemblant sur un axe principal, au niveau des cirques du piton des Neiges, situés au Sud-ouest (Mafate, Cilaos), nettement moins arrosés que les réseaux hydrographiques du Nord-est ;

Versants Nord intermédiaires

Ces versants, moins arrosés, présentent des caractéristiques de réseau hydrographique proche des versants au vent, mais les débits observés sont moins élevés ;

Cirques sud et est au vent

Il s'agit des bassins dont les axes d'écoulement se rassemblent dans les cirques volcaniques situés dans la partie la plus arrosée de l'île (précipitation annuelle supérieure à 4 m) ;

Versants au vent

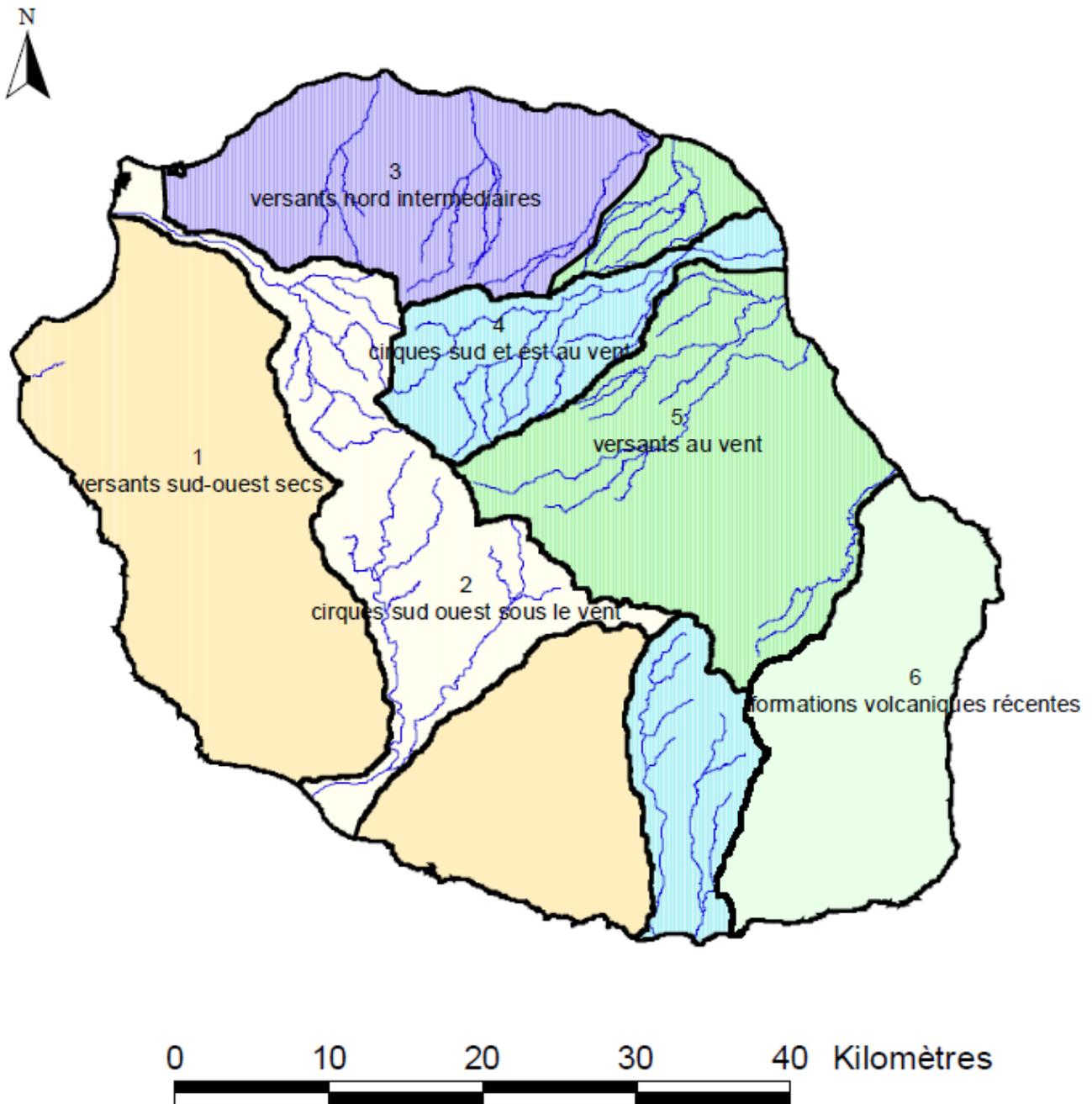
Versants Nord-est arrosés (plus de 5 m/an) dont les cours d'eau présentent des bassins versants allongés et aux tracés relativement parallèles ;

Formations volcaniques récentes

Versant Sud Est du Piton de la Fournaise dont les matériaux géologiques très filtrants et régulièrement remaniés ne laissent subsister qu'un faible ruissellement non

permanent sans réseau hydrographique organisé malgré des précipitations extrêmement abondantes (valeurs maximales observées).

Carte 1 : Hydro-Eco régions de La Réunion



Conditions de références :

Afin de disposer d'outils de bioévaluation des cours d'eau adaptés aux caractéristiques des cours d'eau de La Réunion, un ambitieux programme de recherche-développement a été engagé en 2008.

Ce travail a abouti à la construction de 3 indices biologiques : un indice « poissons », un indice « diatomées » et un indice « macro-invertébrés ». La méthodologie retenue est basée sur la comparaison des structures de peuplements des cours d'eau entre les stations suivies et des stations de référence quasiment exemptes d'impacts des activités humaines.

Le choix des stations de référence pour le calcul des indices reposait sur l'appréciation des pressions d'origine anthropique qui s'exercent sur les bassins versants.

Quatre types de pressions ont été identifiés comme pouvant être à l'origine d'impacts importants sur la richesse spécifique et l'abondance des espèces :

- Les pressions physico-chimiques,
- Les pressions hydromorphologiques regroupant les pressions hydrologiques et les pressions basées sur une analyse des modalités d'occupation du sol,
- Des altérations de la continuité écologique des cours d'eau, paramètre essentiellement utilisé pour la construction de l'indice basé sur les peuplements de poissons.

Ces dernières altérations ont posé un problème pour le choix des stations de référence dans le cadre de la construction d'un indice poissons des rivières.

En effet, la pêche aux bichiques, activité traditionnelle à La Réunion, constitue une altération importante de la continuité écologique au niveau des embouchures et affecte toutes les rivières (exceptées la Ravine Saint-Gilles, dont l'embouchure est fortement aménagée et la Rivière de l'Est pour laquelle le

débit à l'embouchure est très réduit, voire inexistant).

Cette activité a pour conséquence une modification de la morphologie des embouchures et des zones les plus en aval des cours d'eau (concentration des flux d'eau - canaux à bichiques). A l'heure actuelle, il n'existe pas de statistiques concernant les quantités pêchées. De même, l'impact numérique global de cette activité sur les quantités de poissons (larves et juvéniles toutes espèces confondues) n'est pas estimé. Il est donc difficile aujourd'hui d'évaluer scientifiquement l'impact de ces pêcheries sur les densités de poissons en amont des embouchures.

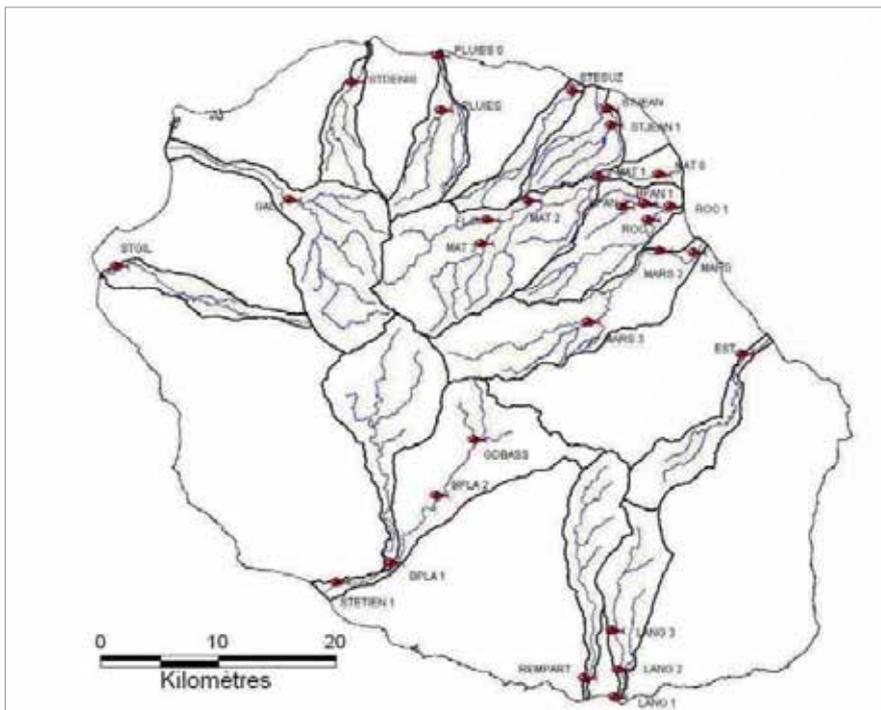
Dans ce contexte, il a été décidé que ce facteur était homogène pour l'ensemble du bassin. Les stations de références ont donc été choisies malgré ce biais. Les stations sur lesquelles l'évaluation des pressions montraient une moindre prégnance de l'influence humaine ont donc été sélectionnées.

Concernant l'élaboration de l'indice « poisson », 29 stations ont été suivies dont 9 stations de référence.

Les métriques biologiques choisies concernent :

- Les densités des peuplements formés par les deux espèces de Cabots (*Sicyopterus lagocephalus* et *Cotylopus acutipinnis*) ;
- Et les densités d'espèces accompagnatrices définies en fonction des portions de cours d'eau concernées afin tenir compte des préférences topographiques de ces espèces et de leur capacité de franchissement des obstacles :
- un groupe d'espèces accompagnatrices étant défini pour les cours inférieurs (*Anguilla bicolor*, *Eleotris mauritiana*, *Kuhlia rupestris*, *Microphis brachyurus* m., *Stenogobius polyzona*, *Agonostomus telfairii*, *Anguilla mossambica*)
- un autre pour les cours moyens (*Agonostomus telfairii*, *Anguilla mossambica*, *Awaous commersoni*, *Eleotris fusca*) ;
- et un troisième pour les cours supérieurs (*Anguilla mossambica*, *anguilla marmorata*).

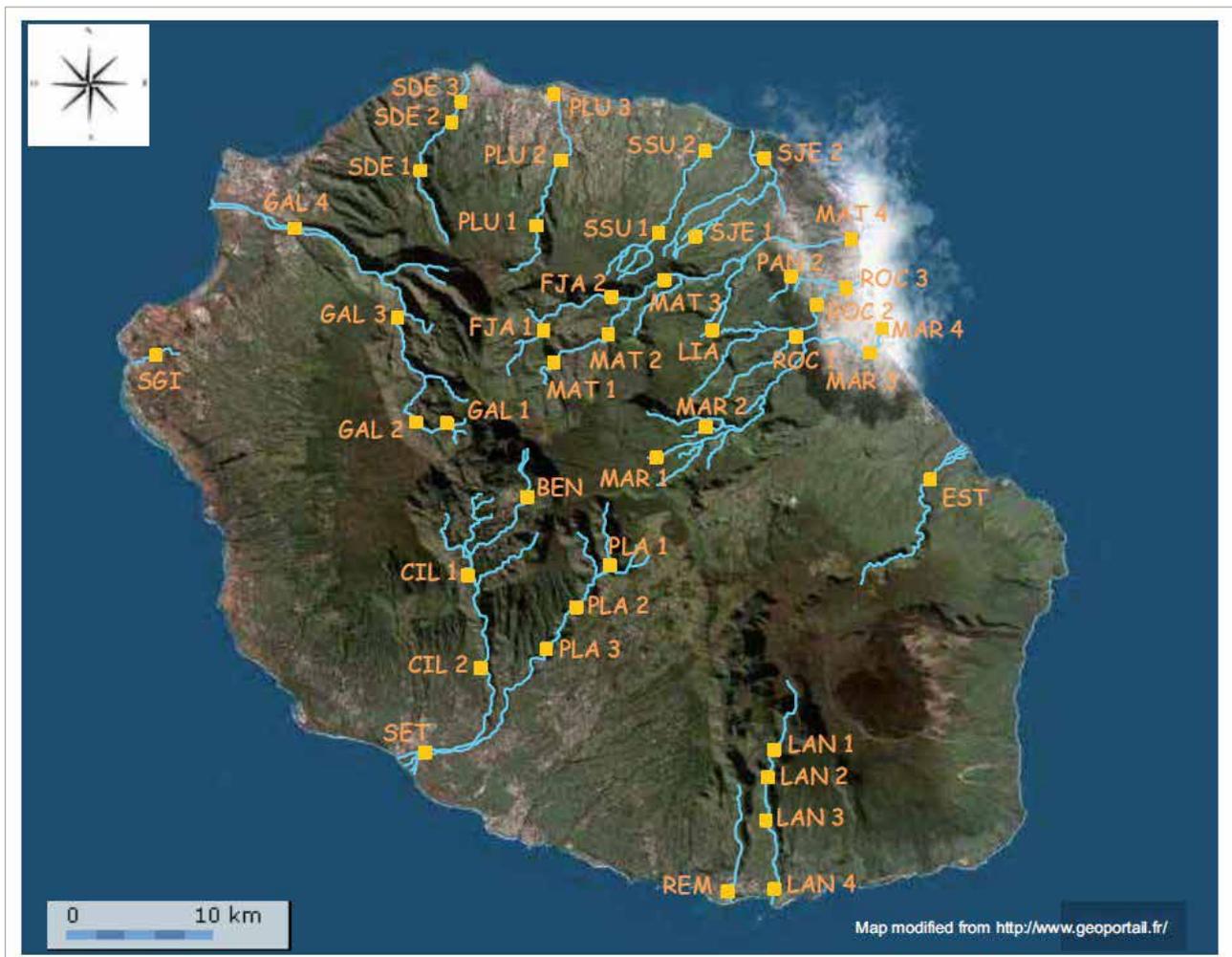
Carte de localisation des stations échantillonnées pour la détermination de l'indice poisson (réseau piscicole) (Mérigoux, Olivier coord, 2012)



Pour l'élaboration de l'indice « macroinvertébrés », le nombre de stations suivies était de 43, dont 21 stations de référence. L'indice macroinvertébrés est basé sur 8 métriques représentant des densités ou des richesses de taxons groupés selon des caractéristiques biologiques, physiologies et écologiques.

Pour chaque station, les valeurs des métriques ont été comparées aux valeurs sur les stations dites « de référence ». L'écart observé a permis d'attribuer un score selon chaque métrique. La somme des 8 scores constitue la note de qualité de l'indice macro-invertébré de la station.

Carte de localisation des stations échantillonnées pour la détermination de l'indice macroinvertébrés. (Mérigoux, Olivier coord, 2012)



Pour l'élaboration de l'indice « diatomées », 51 stations ont été suivies.

La pression principale à laquelle ce groupe est sensible est la pression de pollution chimique. La construction de l'indice diatomées s'est donc appuyée sur :

- Le nombre et l'abondance relative de « taxons indicateurs négatifs » constitués d'espèces sentinelles qui doivent fonctionner comme un signal d'alarme sur la présence en amont de zones de pollution assez intense ;
- Le nombre et l'abondance relative de « taxons indicateurs positifs » considérés comme des taxons non synonymes

d'altération anthropique caractérisée ;

- La somme des abondances des taxons ;

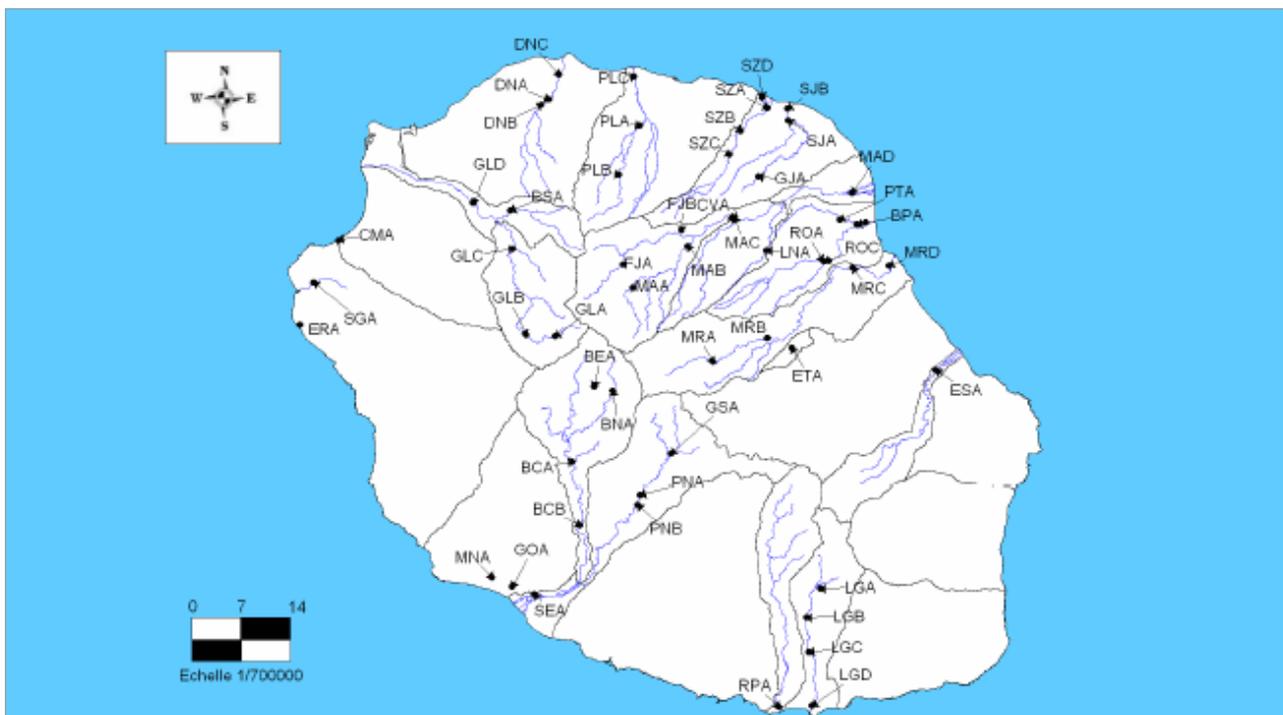
- La richesse spécifique en taxons sur la station suivie.

Des mesures chimiques associées aux échantillonnages de macro-invertébrés sur les stations suivies ont permis l'identification de la liste de ces taxons retenus dans les métriques de l'indice.

Ainsi 48 taxons ont été identifiés comme taxons indicateurs négatifs, et 127 comme taxons indicateurs positifs.

Sur la base de ces métriques, un calcul de la note d'indice diatomées a été proposé.

Carte de localisation des stations échantillonnées pour la détermination de l'indice diatomées. (Gassiole et al, 2011)



Enfin, pour chacun des indices, une échelle de classification d'état a été établie, permettant d'attribuer un état très bon, bon, moyen, médiocre ou mauvais aux peuplements de poissons, de macro-invertébrés ou de diatomées sur les stations suivies.

L'ensemble de la démarche a également fait l'objet d'une validation par l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA).

Evaluation de l'état chimique des cours d'eau

Les masses d'eau disposant d'une station de surveillance des paramètres de l'état chimique sont au nombre de 13. Il s'agit des masses d'eau suivantes :

- ✓ FRLR01, Rivière St Denis ;
- ✓ FRLR02, Rivières des Pluies ;
- ✓ FRLR03, Rivière Ste Suzanne ;
- ✓ FRLR04, Rivière St Jean ;
- ✓ FRLR08, Rivière du Mât aval ;
- ✓ FRLR09, Rivière des Roches ;
- ✓ FRLR10, Rivière des Marsouins ;

- ✓ FRLR11, Rivières de l'Est ;
- ✓ FRLR13, Rivière Langevin aval ;
- ✓ FRLR15 ; Rivière des Remparts aval ;
- ✓ FRLR20, Rivière St Etienne ;
- ✓ FRLR21, Ravine Saint-Gilles ;
- ✓ FRLR24, Rivière de Galets.

Les substances suivies

Sur les cours d'eau, l'intégralité des 41 paramètres qui définissent l'état chimique des eaux n'a pas été suivie en 2011. Depuis 2013, l'Office de l'Eau a renforcé son dispositif de surveillance afin d'inclure l'ensemble des 41 substances dans le protocole d'analyse, et l'appréciation de l'état chimique révisé en 2015 est conforté par ce suivi renforcé.

| % de paramètres en : | Famille de paramètres | | | | 41 substances (toute famille confondue) |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|------------------|---|
| | Pesticides | Polluants industriels | Métaux lourds | Autres polluants | |
| Bon État | 90,91% | 0,00% | 0,00% | 23,08% | 30,95% |
| Mauvais État | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 30,95% |
| État inconnu | 9,09% | 100,00% | 100,00% | 76,92% | 30,95% |
| État agrégé | Bon | Inconnu | Inconnu | Bon | Bon |

Tableau 1 : % des substances de l'état chimique suivies pour les cours d'eau en 2011

L'évaluation de l'état chimique

Pour toutes les masses d'eau suivies conformément aux règles d'évaluation nationales, l'état chimique est bon.

L'indice de confiance

Un indice de confiance est affecté à l'évaluation de l'état chimique.

Pour les masses d'eau suivies, l'indice est qualifié de faible, compte tenu du nombre de substances ayant été analysées.

Pour les masses d'eau non suivies au travers d'une station de surveillance, l'état chimique a été évalué à dire d'expert. L'indice de confiance est affecté en fonction des éléments de connaissances des pressions à disposition.



Evaluation de l'état écologique des cours d'eau

Le développement de bioindicateurs pour les cours d'eau

Trois indicateurs ont été retenus dans le cadre de l'évaluation de l'état biologique au titre de la Directive Cadre sur l'Eau : l'indice macro-invertébrés (IRM), l'indice diatomées (IDR), et l'indice poissons (IRP).

Entre 2007 et 2011, l'Office de l'eau de La Réunion a conduit un programme de Recherche et Développement sur la mise au point de premiers indices biologiques adaptés au contexte de La Réunion :

- Concernant le volet diatomées, les études de développement de l'indice ont été confiées à l'IRSTEA Bordeaux et ASCONIT consultants Réunion ;
- Concernant le volet invertébrés et poissons, les études ont été confiées au CNRS (Université Lyon I) et à l'ARDA.

Un comité de pilotage composé de l'Office de l'Eau, de la DEAL, de l'ONEMA, et de partenaires locaux a suivi et validé les différentes étapes de ces études.

Ce programme s'est achevé en 2012 par une première version de ces outils, permettant une évaluation de la qualité des cours d'eau.

Les travaux sont maintenant validés par l'ONEMA du point de vue de la méthodologie employée (DCE « compatibilité ») et les suivis ultérieurs vont contribuer à consolider ces évaluations et à confirmer la pertinence et la robustesse de ces indicateurs. C'est sur la base de cette première version qu'une évaluation de l'état biologique des cours d'eau a été proposée en 2013.

Nuances et limites de ces bioindicateurs pour les cours d'eau

L'exercice d'évaluation dans le cadre de l'état des lieux 2013 s'appuie donc sur une première version de ces indices, à nuancer compte-tenu de leur robustesse. Ces indices pourront être amenés à évoluer, dans une démarche de progrès, et en fonction de l'acquisition de données supplémentaires.

Dans ce contexte, un atelier de travail regroupant des experts locaux, l'ONEMA et la Direction de l'Eau et de la Biodiversité du Ministère en charge de l'écologie s'est réuni fin août 2013 pour analyser les résultats fournis par ces indices, et les nuancer éventuellement en fonction de la connaissance des milieux. Ainsi, un dire d'expert complémentaire est venu étayer la classification issue de l'application stricte des grilles d'analyses associées à ces indices.

L'utilisation de ces nouveaux outils a permis une évaluation plus objective de l'état écologique des cours d'eau qui donne une vision renouvelée, même si elle reste à confirmer compte tenu :

- D'un nombre de stations d'échantillonnage restreint ;
- D'un jeu de données faible pour l'indice macro-invertébrés notamment ;
- D'un niveau de connaissance sur l'écologie des espèces à approfondir ;
- D'un manque de données historiques vis à vis de certaines pressions (données antérieures à l'existence de ces pressions) ;
- D'une définition par défaut des stations de référence compte-tenu de la présence de pêcheries de bichiques sur toutes les embouchures des cours d'eau ;
- D'un faible nombre de stations de référence compte-tenu de la typologie et de l'hétérogénéité de ces stations.



Principe d'évaluation des éléments de qualité physico-chimique

Les éléments physico-chimiques généraux sont susceptibles d'intervenir comme facteurs explicatifs des conditions biologiques. L'analyse des concentrations de ces éléments dans les cours d'eau et les plans d'eau est donc un des volets à prendre en compte dans l'appréciation de l'état écologique de ces milieux.

Les éléments de qualité physico-chimiques à considérer sont les suivants :

- Bilan d'oxygène ;
- Acidification ;
- Nutriments ;
- Salinité. Non prise en compte du paramètre «salinité». En effet, à ce stade de connaissance, les limites de classe d'état n'ont pas été établies au niveau national ;
- Température de l'eau. À La Réunion, non prise en compte du paramètre « température » car les températures y sont naturellement élevées.

L'état de chacun de ces éléments est apprécié à partir du percentile 90 des concentrations mesurées sur la période 2010-2011 pour les cours d'eau et sur la période 2006-2011 pour les plans d'eau, comparé à des limites de classes d'état (Très bon- Bon – Moyen – Médiocre – Mauvais). Ces limites de classe ont été définies dans le cadre de l'arrêté ministériel du 25 janvier 2010.

Principe d'évaluation de la qualité au regard des polluants spécifiques de l'état écologique

Au niveau national, une liste de polluants spécifiques a été identifiée comme susceptible d'altérer la qualité écologique des masses d'eau.

À La Réunion, tous ces polluants n'ont pas fait l'objet d'un suivi. Seuls les pesticides ont été suivis.

Sont concernés :

- Chlortoluron ;
- Oxadiazon ;

- Linuron ;
- 2,4-D ;
- 2,4-MCPA.

Dans le cadre de l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau, la campagne prise en compte est l'année 2010. Les valeurs mesurées dans les milieux ont été comparées aux Normes de Qualité Environnementales.

Évaluation de la qualité hydromorphologique des cours d'eau

Les règles d'évaluation de l'état écologique des cours d'eau et des plans d'eau n'intègrent la qualité hydromorphologique uniquement pour les cours d'eau et les plans d'eau identifiés en très bon état pour les éléments de qualité biologique et pour les paramètres généraux de physicochimie.

Aucune masse d'eau n'ayant été identifiée en très bon état, l'évaluation de la qualité hydromorphologique n'a pas été mise en oeuvre.

Les données mobilisées

- 20 masses d'eau ont été caractérisées avec au moins un élément biologique.

- Pour 18 masses d'eau, la qualité de chaque élément biologique a été évaluée pour au moins une station sur la masse d'eau. Pour ces stations, la qualité biologique est établie à partir de l'ensemble des éléments biologiques.

- Pour 2 masses d'eau, un ou deux éléments biologiques seulement ont été évalués.

Pour ces stations, l'état biologique est analysé à partir des éléments disponibles, étayé par un dire d'expert prenant en compte l'appréciation des pressions identifiées comme susceptibles de dégrader les éléments biologiques non suivis.

- Pour 4 masses d'eau (FRLR06, FRLR01, FRLR14, FRLR16), aucune donnée d'état biologique n'est disponible (absence de station ou station utilisée comme « référence » dans le calcul de l'indice).

L'appréciation a été réalisée compte-tenu des pressions identifiées comme susceptibles de dégrader les éléments biologiques.



2- Plans d'eau

Conditions de références :

Les deux masses d'eau plans d'eau «FRL02 : étang du Gol » et « FRL03 : Etang de Saint- Paul » évoluent dans un contexte de pression anthropique important. Il n'est pas possible de définir un état de référence caractérisant une situation exempte d'altérations dues à l'activité humaine.

La masse d'eau plan d'eau « FRL01 : Grand Etang » n'est pas suivie dans le cadre du réseau de surveillance. Son état est défini à partir de l'évaluation des pressions identifiées sur son bassin versant.

L'état des lieux a été réalisé à dire d'expert compte tenu de cette situation.

Evaluation de l'état chimique des plans d'eau

L'état chimique des masses d'eau suivies

Les 2 plans d'eau suivis, Étang du Gol (FRL02) et Étang de Saint Paul (FRL03), présentent un bon état chimique avec un indice de confiance élevé, au regard des règles d'évaluation de la Directive Cadre sur l'Eau.



| | |
|---|---|
| Métriques expertisées positivement sur l'état des plans d'eau | Métriques expertisées négativement sur l'état des plans d'eau |
| Richesse en espèces indigènes | Richesse en espèces exotiques |
| Abondance relative capturée en espèces indigènes | Abondance relative capturée en espèces exotiques |

Tableau 2 : Métriques des populations de poissons et de macro crustacés utilisées pour expertiser l'état biologique des plans d'eau

Evaluation de l'état physico chimique

L'état physico-chimique de l'Étang du Gol et de l'Étang Saint Paul a été déterminé sur la base des résultats des sites de surveillance pour la période 2006 à 2011.

L'état chimique des masses d'eau non suivies

Pour le Grand Étang (FRL01) dont le suivi de l'état chimique n'est pas assuré, l'évaluation s'est basée sur du dire d'expert à partir de la caractérisation des pressions anthropiques présentes sur le bassin-versant.

Évaluation de l'état écologique des plans d'eau

Évaluation de l'état biologique

Il n'existe pas d'outils d'évaluation de l'état biologique des plans d'eau adaptés au contexte de ces milieux à La Réunion. L'appréciation de l'état biologique a donc fait l'objet d'un dire d'experts, en s'appuyant sur une expertise de la qualité des peuplements (à partir des inventaires de peuplements de poissons et de macrocrustacés existants), sur la bibliographie, et sur les éléments de connaissance disponibles.

L'expertise de la qualité des peuplements a été menée sur la base d'échantillonnages pour les poissons (échantillonnage aux filets maillants multi-maille), complétée par un échantillonnage des macro-crustacés aux nasses. Les données disponibles analysées ont porté sur l'étang du Gol et les gravières (OCEA-CDL, 2012), l'étang de Saint Paul (OCEA-RNSP, 2012), le cours aval de la rivière Sainte Suzanne (ARDA-DEAL, 2011).

L'évaluation de l'état biologique a consisté en une analyse comparative des données, les meilleurs résultats obtenus sur l'ensemble des sites étant considérés comme « référence » à titre provisoire.

Différentes métriques ont été comparées avec un effet positif ou négatif sur le niveau de qualité de l'état du milieu :

| Code masse d'eau | Nom | Oxygène | Nutriment | Acidification | Etat physicochimique |
|------------------|------------------|----------|-----------|---------------|----------------------|
| FRL01 | Grand Etang | Très bon | Bon | Bon | Bon |
| FRL02 | Etang du Gol | Mauvais | Mauvais | Bon | Mauvais |
| FRL03 | Etang Saint Paul | Moyen* | Bon | Très bon | Bon |

* Pour l'étang Saint Paul, les faibles concentrations en oxygène concernent des événements ponctuels dont l'origine n'a pas été mise en évidence. L'état physico-chimique est qualifié de bon sur cette masse d'eau.

Tableau 3 : Synthèse de l'évaluation de l'état physico chimique des plans d'eau au titre de la Directive Cadre sur l'Eau, État des lieux 2013.

En 2011, seuls les polluants spécifiques non synthétiques ont été suivis sur l'Étang du Gol et l'Étang Saint Paul.

| Code masse d'eau | Nom | Polluants spécifiques | | Conclusion |
|------------------|------------------|-----------------------|----------|------------|
| Nom synthétique | | Synthétique | | |
| FRL01 | Grand Etang | Inconnu | Inconnu | Inconnu |
| FRL02 | Etang du Gol | Inconnu | Très bon | Très bon |
| FRL03 | Etang Saint Paul | Inconnu | Très bon | Très bon |

Tableau 4 : Évaluation de l'état des plans d'eau au regard des polluants spécifiques au titre de la Directive Cadre sur l'Eau, État des lieux 2013. État écologique des plans d'eau



3- Masses d'eau côtière

Conditions de références :

Une seule station de référence a été définie pour les masses d'eau côtières, pour les paramètres chimie, hydrologie et phytoplancton. Il s'agit de la station « large ermitage » sur laquelle les pressions évaluées sont quasi exemptes d'influence humaine.

D'autres stations peuvent être considérées comme préservées de telles pressions sur le littoral est, mais dans ce cas, les brassages sont tels qu'il s'agit en réalité de stations océaniques qui ne sont pas caractéristiques d'habitats littoraux ;

L'évaluation de l'état des masses d'eau côtières a été réalisée à dire d'expert pour les différents compartiments de l'état écologique.

Evaluation de l'état chimique des masses d'eau côtière :

L'essentiel du travail durant le plan de gestion précédent fut de mettre en place le RCS ainsi que les groupes de travail locaux permettant de définir les indicateurs et les seuils pour qualifier les états des masses d'eau. Il en résulte aujourd'hui une avancée significative en termes de qualification des états par rapport à certains DOM mais des résultats qui ne sont pas encore connus.

Le suivi des contaminants chimiques du « Réseau de Contrôle Surveillance » (RCS) sera mis en oeuvre pour la 1ère fois en 2014-2015 dans le cadre du plan de gestion 2010-2015. Une campagne exceptionnelle a cependant été programmée par l'ONEMA en 2012 avec des résultats attendus en 2013. Il n'y avait donc pour l'état des lieux adopté en 2013 aucune donnée pour qualifier l'état chimique des masses d'eau côtières. Les résultats du projet PEPS ne pouvant être pris en compte, les points de prélèvement n'étant pas DCE compatibles : le choix de leurs localisations s'est volontairement tourné vers les milieux les plus dégradés afin de tester les limites de détection des éléments chimiques par les trois dispositifs d'échantillonneurs passifs (DGT, POCIS, et SBSE).

L'état chimique de l'ensemble des masses d'eau côtières réunionnaises est donc inconnu en 2013 puisque disposant de stations de surveillance dont les données ne sont pas encore disponibles ou bancarisées. L'indice de confiance est qualifié de « Pas d'information » puisqu'aucune substance de la DCE n'a pour le moment été suivie.

Evaluation de l'état écologique des masses d'eau côtière :

Les travaux réalisés ont permis d'obtenir des informations pertinentes pour accompagner le programme lié à la mise en oeuvre de la DCE en milieu marin, notamment le volet lié à la surveillance du compartiment biologique. Les résultats ont confirmé que la zone récifale devait faire l'objet d'une approche spécifique, compte tenu de la particularité de cet écosystème soumis à des apports en pesticides et surtout en nitrates d'origine aquifère. Des indicateurs permettent de suivre ce type de pression notamment le $\delta^{15}N$ et le rapport C/N dans des espèces algales devraient être rapidement opérationnels. Les pressions exercées sur le corail peuvent être également

suivies grâce notamment à des méthodes d'investigations réalisées sur certaines espèces comme les Acropores branchus. En mer ouverte les communautés benthiques de substrat meuble constituent un bon indicateur à condition de réaliser les campagnes de mesures à des bathymétries supérieures à 20 mètres. Enfin le suivi des paramètres d'appui à la biologie, notamment la chimie ne pourra être réalisé qu'à l'aide d'échantillonneurs passifs ou dans le biote, seules techniques pour lesquelles les résultats sont significatifs quel que soit le type de côte, avec pour certains contaminants des concentrations supérieures aux Normes de Qualité Environnementales édictées par la DCE.

Évaluation de l'état biologique

Les éléments de qualité biologique à prendre en compte dans le cadre de la DCE :

- Le phytoplancton (biomasse, abondance, composition),
- Le benthos de substrats meubles,
- Le benthos de substrats durs.

Sur les 33 stations du réseau de contrôle et de surveillance (RCS) 2010-2015, 30 sont dédiées au suivi du benthos de substrats meubles ou durs, ainsi qu'au phytoplancton.

- 8 stations pour la biomasse du phytoplancton : 1 station par masse d'eau côtière (MEC), l'indicateur étant déclaré non pertinent dans les masses d'eau récifales (MER),
- 4 stations pour l'abondance et la composition du phytoplancton,
- 17 stations pour le benthos de substrats meubles,
- 7 stations pour le benthos de substrats durs en complément des 7 stations suivies par la RNNMR.

Les 9 stations de suivi du phytoplancton sont celles du RHLR, également échantillonnées pour le suivi des éléments physico-chimiques. L'abondance et la composition ne sont suivies qu'à titre expérimental, ces indicateurs n'étant pas complètement aboutis et coûteux en termes d'analyse.

L'échantillonnage du phytoplancton dans les Masses d'Eau Récifales (MER) est considéré comme non pertinent par les experts locaux. De nombreuses sources de variabilité de ce paramètre, liées au broutage du phytoplancton par les organismes benthiques, à l'intensité lumineuse très forte, à la faible profondeur, entraînent une dégradation rapide de la chlorophylle a, ainsi qu'une remise en suspension du microphytobenthos par l'hydrodynamisme local (vent, houles, marée, ...).

Le positionnement des stations de suivi du benthos de substrats meubles se justifie du fait de l'hydrodynamisme important et des remaniements fréquents des sédiments par les houles australes et cycloniques dans les secteurs de petits fonds. Les stations ont ainsi été positionnées à des profondeurs supérieures à 40 mètres (de 40 à 76 m), l'objectif étant d'échantillonner des secteurs présentant une stabilité sédimentaire suffisante dans le temps (Bigot et al., 2006), et par voie de conséquence une meilleure représentativité de l'état général des masses d'eau, comme l'exige la DCE. 12 stations ont ainsi été positionnées au sein des 8 masses d'eau côtières non récifales.

En outre, afin de pouvoir appréhender les perturbations locales liées aux pressions anthropiques et à l'impact des houles extrêmes, 5 stations supplémentaires ont été positionnées aux alentours des isobathes 20-25 m, en complément des stations déjà positionnées. Ces points de suivi supplémentaires portent donc à 17 le nombre total de stations du réseau de suivi benthos de substrats meubles.

Concernant le suivi du benthos de substrats durs, 7 stations réparties dans les 4 masses d'eau récifales existent déjà dans le cadre du suivi annuel de la Réserve Marine (RNMR) : 2 stations dans la masse d'eau récifale de Saint-Gilles, 2 pour Saint-Leu, 1 pour L'Etang-Salé et 2 pour Saint-Pierre. Jugées en nombre insuffisant dans la perspective de la DCE, 7 stations supplémentaires devraient être ajoutées afin de compléter ce réseau de suivi et permettre de disposer d'un total de 14 stations, plus représentatives de l'ensemble des masses d'eau. Les stations devront être positionnées entre les isobathes 9 et 12 mètres.

Evaluation de l'état physico-chimiques

Les éléments de qualité physico-chimique généraux à considérer sont les suivants :

- La température,
- La salinité,
- La transparence (évaluée à travers de la turbidité),
- La teneur en oxygène dissous,
- Les concentrations en nutriments (nitrate, nitrite, ammonium, phosphate et silicate).

A l'ensemble de ces paramètres généraux, il convient d'ajouter les polluants spécifiques : il s'agit des substances dangereuses pour les milieux aquatiques déversées en quantité significative dans les masses d'eau de chaque bassin ou sous bassin hydrographique. Elles sont arrêtées par les préfets coordonnateurs du bassin dans les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE).

Le GT « chimie » DCE de la Réunion a préconisé le suivi de 9 substances spécifiques « locales » utilisées à la Réunion. Il s'agit de 9 pesticides : 2,4-D, Deltaméthrine, Ethyl pyrimiphos, Fipronil, Fluroxypyr, Folpet (ou Folpel), Métazachlore, Métolachlore et Oxadiazon.

Sur les 33 stations du réseau de contrôle et de surveillance (RCS), sous maîtrise d'ouvrage DEAL jusqu'à mi-2012 et depuis développé par l'Office de l'eau, 13 sont dédiées au suivi des paramètres physico-chimiques et phytoplancton (le Réseau Hydrologique du Réunionnais ou RHLR) :

- 1 station par masse d'eau côtière (MEC) ou récifale (MER),
- 1 station de référence située au large (station « large Ermitage ») selon les recommandations du groupe de travail (GT) « hydrologie et phytoplancton ».

Pour les polluants spécifiques de l'état écologique, le réseau de suivi est mutualisé avec celui des contaminants chimiques : 13 stations sont donc dédiées à ce suivi :

- 1 station par masse d'eau côtière (MEC) ou récifale (MER),
- 1 station de référence située au large (station « large Ermitage ») selon les recommandations du groupe de travail (GT) « contaminants chimiques ».

Evaluation de l'état Hydromorphologique

L'indicateur de qualité hydromorphologique est mis en oeuvre sur la base méthodologique définie au niveau national par le BRGM (Delattre et Vinchon, 2009).

Chaque masse d'eau est ainsi décrite selon (i) les pressions qui s'y exercent et, (ii) selon le niveau de connaissance, les perturbations induites par ces pressions sur l'hydromorphologie. Une notation de l'intensité et de l'étendue des perturbations induites par chacune des pressions listées est réalisée à « dire d'expert », et assortie d'une note de fiabilité qui reflète si ce dire d'expert est consolidé par des données existantes. Ces notations sont ensuite

agglomérées selon une grille de classement qui combine les notes d'étendue et d'intensité des perturbations induites par les pressions. Cette dernière permet d'identifier si la masse d'eau considérée est candidate à la classification en très bon état hydromorphologique ou non.

Pour les eaux réunionnaises, le BRGM local a finalisé l'évaluation de l'état hydromorphologique en 2014. L'absence de donnée à contraint à le définir comme « inconnu » dans l'état des lieux 2013 mais il est désormais défini dans l'état des lieux 2015.

4- Zones de mélange

La réglementation nationale permet la désignation de zones de mélange dans le cadre de l'autorisation de rejets ponctuels de substances prioritaires et de polluants spécifique de l'état écologique par les ICPE et les IOTA à proximité immédiate du rejet, dans la mesure où le dépassement des NQE pour une ou plusieurs de ces substances dans cette zone de mélange ne compromet pas l'état global de la masse d'eau.

L'évaluation de l'état des masses d'eau superficielles s'entend donc hors zone de mélange, telle que définie dans l'arrêté du 25 janvier 2010 modifié relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement.

Cet arrêté précise les caractéristiques acceptables et la taille maximale de la zone de mélange qui pourra être désignée. Le respect de ces règles de dimensionnement génériques conviendra dans la plupart des situations mais dans certains cas, il conviendra de mener une étude plus approfondie.

Un document technique national de référence précise les cas dans lesquels le dimensionnement sera nécessaire et la méthodologie pour fixer la taille de la zone de mélange en fonction des caractéristiques du milieu récepteur du rejet.

Ce document intitulé : « Les rejets ponctuels de substances dangereuses dans les eaux superficielles: Fiche thématique du Guide technique relatif aux modalités de prise en compte des objectifs de la directive cadre sur l'eau (DCE) en police de l'eau IOTA/ICPE (Novembre 2012) » est accessible au lien suivant : à venir, en cours finalisation MEDDE

Les mesures identifiées dans le programme de mesure spécifique aux substances doivent permettre de réduire l'étendue des zones de mélange, lorsqu'elles sont applicables à un coût économiquement acceptable.

Ces mesures comportent des mesures de base telles que décrites dans le guide national relatif aux programmes de mesures (MEDDE, Juin 2015, Guide pour l'élaboration, la mise en oeuvre et le suivi du programme de mesures en application de la Directive Cadre sur l'Eau V1.2, 89 pages) qui visent le suivi et la réduction des rejets de substances dangereuses par les industries et la meilleure gestion des entrants dans les réseaux de collecte des eaux usées urbaines.

Lorsqu'une autorisation de rejet avec zone de mélange aura été délivrée, le service instructeur devra réviser cette autorisation au plus tard dans les 6 ans de manière à prendre en considération les effets du programme de mesures et à réduire, si possible, les dimensions de la zone de mélange autorisée.

Masses d'eau souterraine :

1- Valeurs-seuils

Des valeurs seuils nationales indicatives ont été élaborées et listées à l'annexe I de la circulaire DEVL1227826C relative à l'application de l'arrêté du 17 décembre 2008.

Ces valeurs seuils concernent notamment tous les polluants ou indicateurs identifiés dans l'annexe II de l'arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines.

Ces valeurs seuils nationales indicatives ont été établies en se basant principalement sur le critère d'usage le plus « sensible » et exigeant quant à la qualité de l'eau : l'alimentation en eau potable (norme française ou européenne et en l'absence, valeurs guides proposées par l'OMS).

Afin de garantir les autres objectifs de la DCE et de prendre en compte des critères environnementaux, notamment pour garantir la non dégradation des cours d'eau ou des écosystèmes terrestres dépendant des eaux souterraines ou pour tenir compte de l'existence de fonds géochimiques élevés, ces valeurs seuils nationales indicatives sont adaptées le cas échéant par chaque district hydrographique à l'échelle la plus appropriée (district ou masse d'eau) conformément au guide d'évaluation de l'état chimique des masses d'eau souterraine et d'établissement des valeurs seuils de septembre 2012 (annexe III de la circulaire DEVL1227826C relative à l'application de l'arrêté du 17 décembre 2008)

Pour le bassin de La Réunion, les adaptations suivantes des valeurs seuils ont ainsi été effectuées :

| Nom du paramètre | Conductivité à 25°C | Chlorures | Sulfates |
|---|---|-----------|----------|
| Code Sandre | 1303 | 1337 | 1337 |
| Codes CAS | | | |
| Valeur seuil nationale par défaut | 1100 µS/cm | 250 mg/l | 250 mg/l |
| Valeur utilisée par le bassin | 500 µS/cm | 100 mg/l | 60 mg/l |
| Nombre de masses d'eau à risque pour ce paramètre | | | |
| Masses d'eau sur lesquelles cette valeur s'applique | Les masses d'eau souterraine littorales (sous influence marine du bassin de La Réunion) | | |
| Critère visé par cette valeur seuil | Critère environnemental : intrusions salines | | |
| Justification | <p>En raison du caractère insulaire de La Réunion, les eaux souterraines sont localement influencées par la composition chimique de l'eau de mer.</p> <p>L'influence de l'océan peut se manifester par des flux salés ascendants ou descendants, des interactions avec des eaux de surface salées (étangs), des interactions avec des sols chargés en sel (ancienne lagune).</p> <p>Dans les zones sous influence marine, le risque de contamination par le fond géochimique pour les chlorures, la conductivité et les sulfates a donc été identifié comme élevé avec un niveau de confiance élevé.</p> <p>Il est à noter que les valeurs seuil retenues pour le bassin sont faibles mais les eaux souterraines de La Réunion sont naturellement peu minéralisées.</p> | | |

Tableau 5 : adaptations des valeurs seuils pour la bassin de La Réunion

2- Procédure d'évaluation de l'état chimique

L'évaluation de l'état chimique a été effectuée conformément au guide d'évaluation de l'état chimique des masses d'eau souterraine et d'établissement des valeurs seuils de septembre 2012 figurant en annexe III de la circulaire DEVL1227826C relative à l'application de l'arrêté du 17 décembre 2008. Ce guide est basé sur la procédure préconisée dans le guide européen de la CIS (Stratégie de mise en oeuvre de la DCE) n°18 relatif à l'évaluation de l'état des eaux souterraines et des tendances.

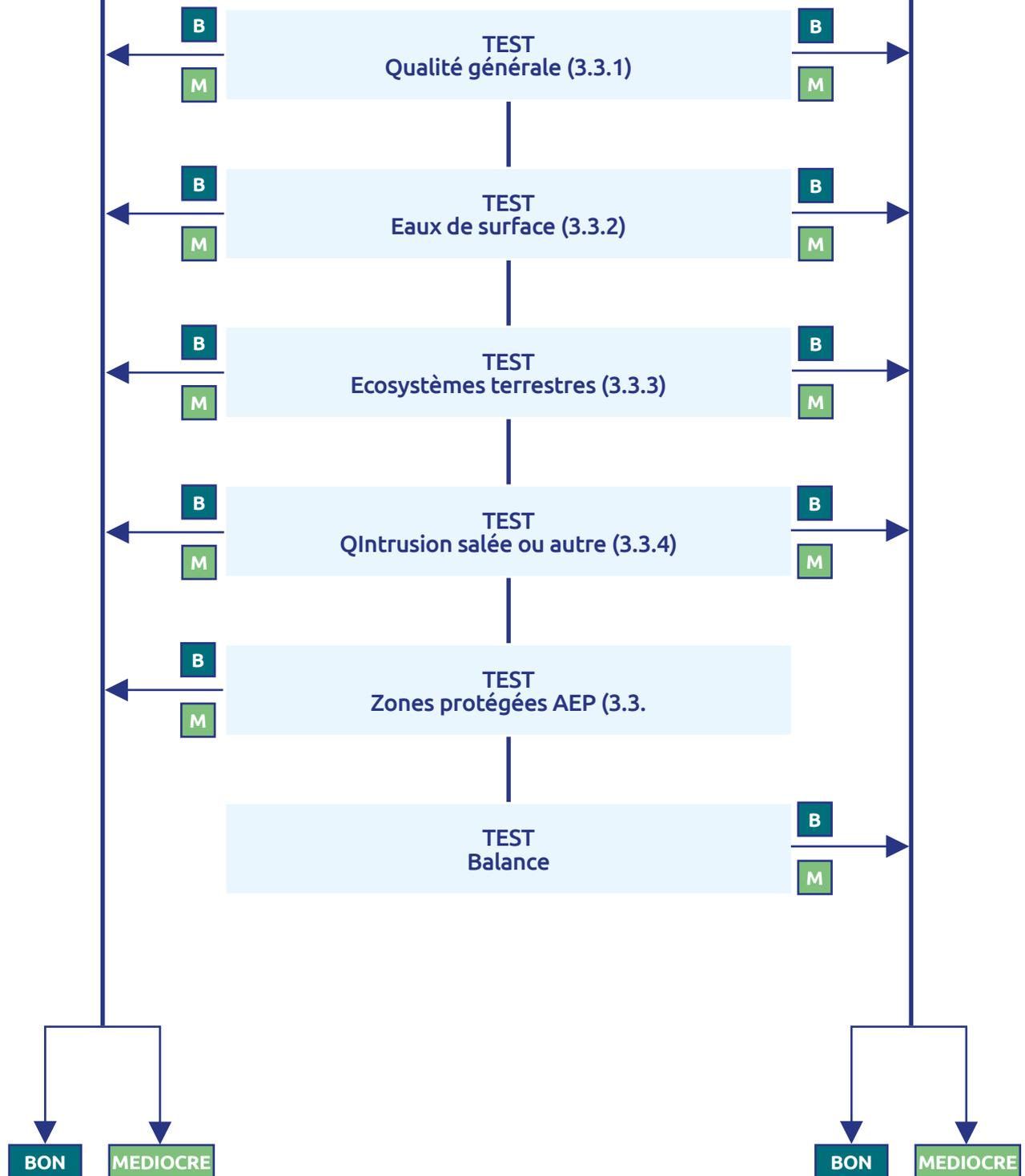
Conformément à cette méthodologie, les résultats de la surveillance des eaux souterraines de chaque masse d'eau (réseau DCE et autres) ont été agrégés de la façon suivante : pour tous les paramètres mesurés, calcul de la moyenne des moyennes annuelles (MMA) et de la fréquence de dépassements au point sur la période 2010 à 2011.

En cas de dépassement par cette MMA de la valeur seuil ou de la norme de qualité sur au moins un point RCS ou un autre point représentatif de la qualité chimique de la masse d'eau, l'enquête appropriée est déroulée. Elle consiste en la réalisation d'au plus cinq tests, quand ils sont pertinents et les données et connaissances disponibles.

Données utilisées :
Toutes données disponibles (RCS, RCO, autres réseau de surveillance, ect...)

Etat chimique

Etat quantitatif



- Test « qualité générale »

Comme détaillé dans le guide d'évaluation de l'état chimique des masses d'eau souterraines visées, l'étendue acceptable de dépassement de la valeur seuil ou de la norme de qualité est de 20% de la surface totale. Si la somme des surfaces déclarées en état médiocre est inférieure à 20% de la surface totale (ou du nombre total de point d'eau) de la masse d'eau, alors la masse d'eau est conforme pour le test « qualité générale » de l'état chimique de la masse d'eau dans son ensemble.

Les règles d'évaluation pouvant mobiliser le critère des 20% pour le bassin de La Réunion ont été appliquées de la façon suivante (extrait de : État des lieux 2013 du district hydrographique de La Réunion, Chapitre 4, Les masses d'eau souterraine, Descriptif, Inventaire des pressions, Évaluation de l'état et du risque de non atteinte des objectifs environnementaux)

Étape 1 : Calcul des valeurs caractéristiques en chaque point de surveillance de la masse d'eau Pour chaque masse d'eau souterraine, pour chaque site de surveillance, et pour chaque paramètre suivi, la moyenne des moyennes annuelles des concentrations mesurées pour la période 2007-2010 a

été comparée à la valeur seuil définie pour ce paramètre (circulaire ministérielle du 23 octobre 2012).

La première étape consiste à vérifier pour chaque paramètre si un ou plusieurs points de surveillance présentent des dépassements de la valeur seuil ou de la norme de qualité définie pour ce paramètre.

- Si aucun dépassement n'est constaté, la masse d'eau est classée en bon état chimique.

- En cas de dépassement, il revient de procéder à une enquête appropriée (étape 2) afin de pouvoir conclure.

Si la masse d'eau ne dispose d'aucun point de surveillance :

- Si aucune pression forte n'a été identifiée, la masse d'eau est classée en bon état chimique;

- Si des pressions fortes y ont été identifiées, il y a comparaison avec une autre masse d'eau soumise à des pressions équivalentes et conclusion sur l'état chimique.

Pour le bassin de La Réunion, l'application de l'étape 1 a conduit aux résultats suivants :

| Masse d'eau | Dépassement constaté | Captages concernés | | Paramètres concernés | Proposition d'évaluation de l'état chimique |
|-------------|----------------------|--|--------------------------|-------------------------------|---|
| | | Nom | BSS | | |
| FRLG101 | oui | Forage Les Cafés | 12271X0065 | Atrazine Déséthyl | Enquête appropriée |
| FRLG102 | non | Sans objet | | | Bon état |
| FRLG103 | non | Sans objet | | | Bon état |
| FRLG104 | oui | Puits du Baril | 12297X0013 | Conductivité - S métolachlore | Enquête appropriée |
| FRLG105 | non | Sans objet | | | Bon état |
| FRLG106 | oui | Forage La Salette F5 bis Forage La Salette F5 ter | 12288X0049 12288X0050 | Atrazine Déséthyl | Enquête appropriée |
| FRLG107 | non | Sans objet | | | Bon état |
| FRLG108 | oui | Forage Marengo | 12287X0040 | Chlorures Conductivité | Enquête appropriée |
| | oui | Puits B du Gol | 12287X0062 | Chlorures | |
| FRLG109 | oui | Forage Pacifique 1 | 12283X0058 | Chlorures Conductivité | Enquête appropriée |
| | | Forage du Brûlé | 12283X0060 | Chlorures Turbidité | |
| FRLG110 | oui | Forage Montée Panon | 12266X0056 | Chlorures Conductivité | Enquête appropriée |
| | | Forage de la Petite Ravine | 12266X0053 | | |
| | | Forage Fond Petit Louis | 12266X0078 | | |
| | | Puits de la Grande Ravine 2 | 12266X0070 | | |
| | | Forage FRH9 | 12265X0055 | Conductivité | |
| | | Forage FRH5 | 12266X0124 | Chlorures | |
| | | Puits de la Grande Ravine 1 | 12266X0036 | Conductivité | |

| Masse d'eau | Dépassement constaté | Captages concernés | | Paramètres concernés | Proposition d'évaluation de l'état chimique |
|-------------|----------------------|---|--------------------------|------------------------|--|
| | | Nom | BSS | | |
| FRLG112 | oui | F1 Mounien | 12262X0087 | Chlorures Conductivité | Enquête appropriée |
| | | F2 | 12262X0135 | Chlorures Conductivité | |
| | | F5 | 12262X0168 | Chlorures | |
| | | Frh15 | 12262X0272 | Chlorures Conductivité | |
| | | Puits EDF Puits Ravine à Marquet | 12262X0046 12263X0044 | Tétrachloroéthylène | |
| | | Omega | 12262X0189 | Atrazine Désethyl | |
| FRLG113 | Inconnu | Pas de point de surveillance disponible | | | Bon état(comparaison avec autres masses d'eau) |
| FRLG114 | Inconnu | Pas de point de surveillance disponible | | | Bon état(comparaison avec autres masses d'eau) |
| FRLG115 | Inconnu | Pas de point de surveillance disponible | | | Bon état (faibles pressions) |
| FRLG116 | non | Sans objet | | | Bon état |
| FRLG117 | non | Sans objet | | | Bon état |
| FRLG118 | non | Sans objet | | | Bon état |
| FRLG119 | Inconnu | Pas de point de surveillance disponible | | | Bon état(comparaison avec autres masses d'eau) |
| FRLG120 | Inconnu | Pas de point de surveillance disponible | | | Bon état(comparaison avec autres masses d'eau) |
| FRLG121 | Inconnu | Pas de point de surveillance disponible | | | Bon état(comparaison avec autres masses d'eau) |
| FRLG122 | Inconnu | Pas de point de surveillance disponible | | | Bon état(comparaison avec autres masses d'eau) |
| FRLG123 | Inconnu | Pas de point de surveillance disponible | | | Bon état(comparaison avec autres masses d'eau) |
| FRLG124 | Inconnu | Pas de point de surveillance disponible | | | Bon état(comparaison avec autres masses d'eau) |
| FRLG125 | Inconnu | Pas de point de surveillance disponible | | | Bon état(comparaison avec autres masses d'eau) |
| FRLG126 | Inconnu | Pas de point de surveillance disponible | | | Bon état(comparaison avec autres masses d'eau) |
| FRLG127 | Inconnu | Pas de point de surveillance disponible | | | Bon état(comparaison avec autres masses d'eau) |

Tableau 6 : Évaluation de l'état chimique des masses d'eau souterraines - ETAPE 1

Étape 2 : Enquête appropriée

Sur les masses d'eau concernées par au moins un dépassement, il est nécessaire de procéder à une enquête appropriée comprenant les tests retenus par la méthodologie nationale.

FRLG101 - Formations volcaniques du littoral Nord –

Paramètre concerné : Atrazine Désethyl

- Identification de la surface (ou volume) que représente la pollution observée :

Un seul point de surveillance est en mauvais état. La superficie de la zone d'alimentation de ce point représentant moins de 20 % de la surface de la masse d'eau, la masse d'eau est déclarée en bon état pour ce test.

- Test relatif aux zones protégées pour l'alimentation en eau potable :

La masse d'eau est sollicitée pour l'alimentation en eau potable. Pour la période 2007- 2010, cette masse d'eau n'a pas été concernée par l'abandon de captage, ou par des modifications de traitement avant distribution **mais la collectivité à eu recours à un mélange pour la distribution d'une eau conforme à la réglementation en mai 2011.**

Conclusion : mauvais état chimique

FRLG104 - Formations volcaniques du littoral de La Fournaise -

Paramètres concernés : S-métolachlore (pesticide) et conductivité

- Identification de la surface (ou volume) que représente la pollution observée :

Un seul point de surveillance est en mauvais état (puits du Baril). La superficie de la zone d'alimentation de ce point représentant moins de 20 % de la surface de la masse d'eau, la masse d'eau est déclarée en bon état pour ce test et pour ce paramètre.

- Test « Intrusion saline » :

Une tendance à la hausse des conductivités est démontrée sur le captage Puits du Baril.

Sur la base de ce test, ce secteur est classée en mauvais état.

- Test relatif aux zones protégées pour l'alimentation en eau potable :

La masse d'eau est sollicitée pour l'alimentation en eau potable. Pour la période 2007- 2010, le puits du Baril a été concerné par la mise en place d'une modification de traitement (dilution) vis à vis de la contamination d'un captage par le S - métolachlore. Ce secteur est déclaré en mauvais état pour ce test.

Compte-tenu de l'étendue géographique de la masse d'eau et de la représentativité du puits du Baril, la masse d'eau est sectorisée en 2 zones :

- la zone d'influence du puits du Baril est classée en mauvais état chimique
- le reste de la masse d'eau est classée en bon état chimique (compte-tenu du niveau de pressions, et en comparaison avec des masses d'eau soumises à des pressions similaires)

Conclusion : L'état chimique global attribué à la masse d'eau est bon.

FRLG106 - Formations du littoral de Pierrefonds – Saint Pierre

Paramètre concerné : Atrazine Désethyl (pesticide)

- Identification de la surface (ou volume) que représente la pollution observée :

Deux points de surveillance sont en mauvais état. La superficie de la zone d'alimentation de ces points représentant moins de 20 % de la surface de la masse d'eau, la masse d'eau est déclarée en bon état pour ce test.

- Test relatif aux zones protégées pour l'alimentation en eau potable :

La masse d'eau est sollicitée pour l'alimentation en eau potable. Pour la période 2007- 2010, cette masse d'eau a été concernée par un recours à un mélange pour distribuer une eau conforme à la réglementation à partir des captages de La Salette. Sur la base de ce test, la masse d'eau est classée en mauvais état.

Conclusion : Mauvais état chimique pour Atrazine Désethyl (pesticide).

FRLG108-Formations volcaniques et volcano-sédimentaires littorales du Go l -

Paramètres concernés : Chlorures, Conductivité

- Test « Intrusion saline » :

Sur FRLG108, une tendance à la hausse a été montrée sur le captage PIB-4C (BSS : 12287X0144). Sur la base de ce test, la masse d'eau est classée en mauvais état.

Conclusion : Mauvais état chimique pour chlorures et conductivité.

FRLG109-Formations volcaniques et volcano-sédimentaires du littoral de l'Étang Salé-

Paramètres concernés : Chlorures, Conductivité, Turbidité

- Test « Intrusion saline »

Sur FRLG109, dans le secteur de l'Étang Salé, les eaux sont saumâtres, et les valeurs de conductivité sont naturellement élevées.

Néanmoins, sur le forage Pacifique 2, la tendance pour la conductivité mesurée est à la hausse : +25,4 µS/cm/ an de 1992 à 1999, puis +20,1 µS/cm de 1999 à 2012.

Sur la base de ce test, la masse d'eau est classée en mauvais état.

Conclusion : Mauvais état chimique pour chlorures et conductivité.

FRLG110 - Formations du littoral de La Planèze Ouest -

Paramètres concernés : Chlorures, Conductivité

- Test « Intrusion saline » :

Sur la Planèze Ouest, la conductivité est élevée et elle présente une tendance à la hausse due aux pompages. Ce phénomène est visible sur l'évolution de la conductivité du piézomètre Ravine Fond Jardin (n° BSS 12266X0081/P9). Des relations entre augmentation des pompages et augmentation de la conductivité ont aussi été montrées.

La masse d'eau est classée en mauvais état pour ce test.

- Test relatif aux zones protégées pour l'alimentation en eau potable :

Sur FRLG110, en 2008, le forage FRH9 (N° BSS 12265X0055) a été abandonné en raison de sa sensibilité aux chlorures.

La masse d'eau est classée en mauvais état pour ce test.

Conclusion: Mauvais état chimique pour chlorures et conductivité.

Paramètres concernés : Chlorures, Conductivité, Tétrachloroéthylène

- Test « Intrusion saline » :

La Plaine des Galets se compose de 3 nappes interdépendantes, d'une épaisseur de 50 à 100 m chacune : la nappe supérieure, libre, exploitée pour l'eau potable et l'industrie, la nappe moyenne, exploitée pour l'eau potable, la nappe inférieure dont les eaux sont naturellement saumâtres.

Dans le secteur du Port, les valeurs de conductivité sont élevées. Les problèmes de salinité sont liés à la présence d'eau naturellement saumâtre dans la nappe inférieure. Plusieurs forages captent ces eaux directement, en même temps que la nappe moyenne. La nappe moyenne est ainsi peu à peu contaminée par une remontée par drainance des eaux saumâtres de la nappe inférieure due à un rabattement de la nappe moyenne.

La masse d'eau FRLG112 est en mauvais état chimique pour ce test.

- Test relatif aux zones protégées pour l'alimentation en eau potable :

En 2009, le puits « Ravine à Marquet » (12263X0044) a été abandonné en raison de sa contamination par le tétrachloroéthylène.

La masse d'eau est classée en mauvais état chimique pour ce test.

Conclusion : Mauvais état chimique pour tétrachloroéthylène, chlorures et conductivité.

Les masses d'eau souterraine subissant d'une manière significative et durable une tendance à la hausse des concentrations d'un polluant ont été identifiées en appliquant la méthodologie proposée par la note technique de novembre 2013 intitulée « Identification et inversion des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines dans les prochains SDAGE », et en utilisant l'outil national de calcul correspondant.

Cette méthodologie combine une évaluation statistique de la tendance au point (test statistique Mann Kendall) ainsi qu'une évaluation à l'échelle de la masse d'eau (Kendall régional). La tendance au point est appliquée pour identifier le dépassement du seuil de risque en 2021 soit à la fin du deuxième cycle de gestion. Le cas échéant, le critère des 20%, identique à celui utilisé pour l'évaluation de l'état chimique, est utilisé pour établir un diagnostic à la masse d'eau. Le logigramme ci-dessous récapitule la méthodologie appliquée.

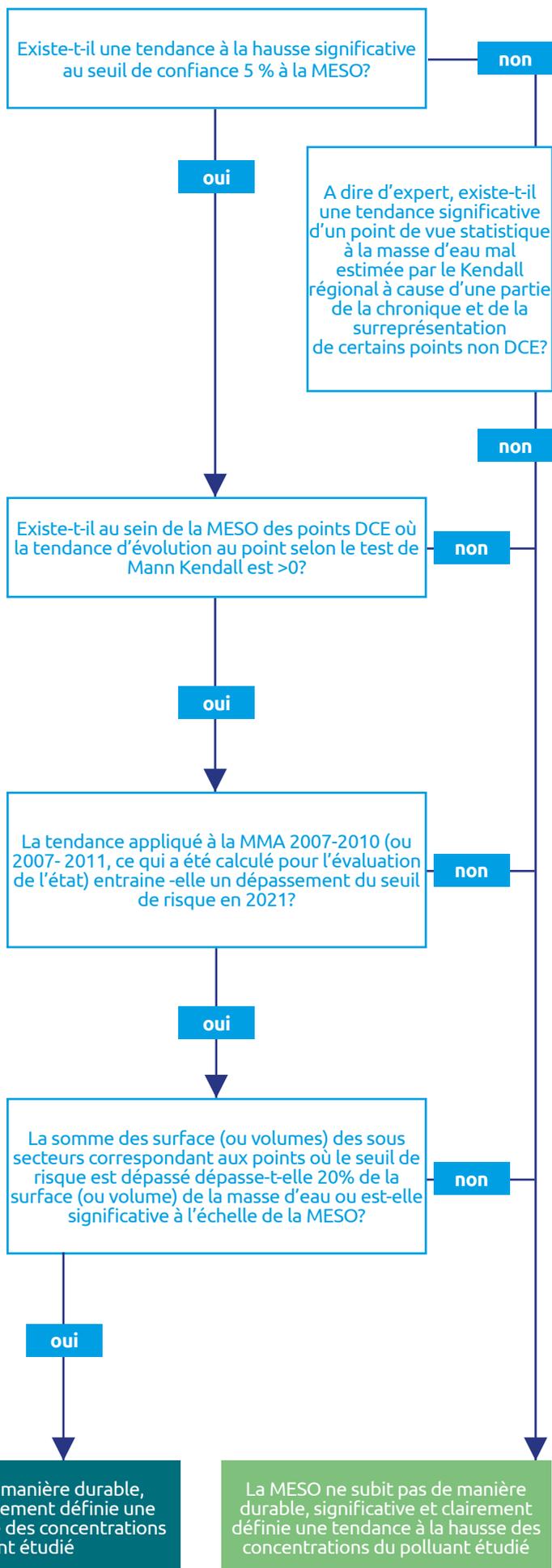
Etape 1: Tendence significative d'un point de vue statistique à la masse d'eau

Kendall régional à la masse d'eau,
Tous points
Chronique: 01/10/1996-01/10/211

Etape 2: Tendence significative d'un point de vue environnemental et statistique au point d'eau

Mann Kendall au point,
Points DCE seulement (voire pertinents si pas de point DCE sur la MESO)
Chronique: 01/10/1996 jusque 01/10/2011

Etape 3: Vue environnementale à la masse d'eau



Le niveau de confiance sur l'évaluation de la tendance est choisi à 95 % à l'échelle de la masse d'eau (Kendall régional) et 95 % au point (Mann Kendall).

Pour le bassin de La Réunion, cet exercice a été mené sur toutes les masses d'eau pour les paramètres suivants :

- nitrate,
- sulfate,
- conductivité,
- chlorure.

Les tendances pour l'ammonium et pour l'arsenic ont été examinées, car ces éléments ont été identifiés comme risque potentiel à partir des résultats de l'étude du fond géochimique de La Réunion.

L'étude des tendances pour quelques pesticides avait été envisagée au cours de réalisation de la présente étude, mais n'a pas été retenue pour les raisons suivantes :

- le faible nombre de valeurs par chronique et la courte durée des chroniques limitent l'analyse statistique de la tendance.
- le nombre limité de chroniques sur l'île ne permet pas d'avoir une vision globale par MESO.

- Apport de l'identification des tendances pour la caractérisation des intrusions salines

Les tendances pour la caractérisation des intrusions salines portent sur les paramètres, conductivité, chlorure et sulfate.

Conductivité :

Les valeurs de conductivité sont faibles dans l'intérieur de l'île mais peuvent dépasser 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sur des ouvrages de la côte ouest. La médiane est de 139 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Sur les MESO de l'intérieur et de la partie littorale est et sud, les tendances d'évolution de la conductivité restent majoritairement inférieures à 2.5 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{an}$ en valeur absolue.

Sur la partie littorale ouest et nord, en considérant les chroniques sur toute leur longueur, il n'y a pas de tendance claire : 9 points sont à la hausse avant la date de rupture puis en baisse après cette date. La MESO n° 4 (St-Pierre) présente une tendance à la hausse. Le test du Kendall régional identifie 4 MESO en baisse en considérant les chroniques depuis 2003. C'est ce dernier résultat qui a été conservé dans le tableau final des tendances, mais il faut savoir que l'état stable est proche. La hausse calculée sur Cilaos n'a pas été retenue : le calcul se base sur les sources thermales qui ne sont pas représentatives de l'ensemble du cirque.

Ces résultats ont une portée et une précision régionale à l'échelle de la MESO. Ainsi, des cas d'intrusion saline relevés au Gol et à Grande Ravine ne sont pas identifiés par le calcul de la tendance à l'échelle de la MESO. L'arrêt du suivi sur le forage de Gilot apporte un biais dans les résultats sur un secteur impacté par une intrusion saline localisée.

Il n'y a aucune MESO avec une tendance à la hausse pour la conductivité.

Chlorure :

Les valeurs de chlorures à La Réunion ne dépassent pas, hors littoral et ressources thermominérales, 10 mg/l. Elles atteignent ou dépassent les 100 mg/l sur la côte ouest. La médiane des valeurs est de 5.6 mg/l. Quelques points isolés, dans la partie littorale, présentent une tendance à la hausse.

Comme pour la conductivité, la tendance à l'échelle de la MESO masque des situations locales d'intrusions salines.

Les résultats spatialisés par MESO ne montrent pas de tendance à la hausse pour l'évolution de la concentration en chlorure.

Sulfate :

Les eaux souterraines de La Réunion contiennent peu de sulfates : la médiane des analyses se positionne à 2.2 mg/l. Les tendances avant et après rupture présentent peu de points ayant suffisamment de données pour calculer une tendance. Les résultats reposent sur les chroniques complètes, avec toutes les données disponibles. La majorité des points présente une tendance inférieure à 0.5 mg/l/an en valeur absolue.

Il n'y a pas de tendance à la hausse pour la concentration en sulfate pour l'ensemble des MESO de La Réunion.

• Contamination des eaux souterraines par les nitrates

Les teneurs en nitrate dans les eaux souterraines de La Réunion sont faibles : la médiane des analyses disponibles se situe à 1 mg/l. Les tendances d'évolution du nitrate, majoritairement inférieures à 0.5 mg/l/an en valeur absolue, s'interprètent comme de faibles fluctuations autour d'un état stable.

Le test de Kendall régional a permis d'identifier 5 MESO avec des hausses inférieures à 0.2 mg/l/an de nitrate. Elles seront considérées comme stables car le gradient annuel est très faible.

Il n'y a pas de tendance à la hausse pour la concentration en nitrate pour l'ensemble des MESO de La Réunion

• Limites de l'exercice sur les paramètres Ammonium et Arsenic Ammonium :

Les évolutions sont observées dans des gammes très restreintes (de l'ordre de quelques centièmes de mg/l/an). Dans ces conditions, la tendance est estimée comme étant non significative. Aucune tendance à la hausse n'a donc été identifiée sur les MESO de La Réunion.

Arsenic :

Les tests de tendances n'ont été réalisés que sur 32 chroniques d'évolution en arsenic et 29 de ces chroniques n'ont pas montré de tendance significative d'un point de vue statistique. Aucune tendance à la hausse de la concentration en arsenic n'a été identifiée sur La Réunion, soit parce que les données sont insuffisantes, soit parce que les évolutions de concentrations sont trop faibles pour être significatives.

Pour les paramètres ammonium et arsenic, la méthode d'évaluation des tendances montre ses limites. En effet, les eaux souterraines de La Réunion présentent des concentrations et des évolutions très faibles pour ces deux paramètres.

• Commentaire sur l'application de la méthode en milieu volcanique tropical

L'application de la méthode n'a pas mis en évidence de particularité pour son application en milieu volcanique tropical. Les problèmes restent liés à la quantité et à la qualité des données : nombre et répartition des points avec analyses, continuité et longueur des chroniques. Il en est vraisemblablement de même pour les résultats régionaux masquant des intrusions salines localisées et identifiées par peu de points (généralement un seul) par rapport au nombre de points de la MESO.

Bibliographie

Documents de cadrage techniques et réglementaires :

- Arrêté du 17 décembre 2008 modifié établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines. NOR: DEVO0829047A

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000020040637&dateTexte=&categorieLien=id>

- Arrêté du 17 mars 2006 modifié relatif au contenu des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux. NOR: DEVO0650136A <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT00000609821>

- Circulaire DEVL1227826C relative à l'application de l'arrêté du 17 décembre 2008

- Guide pour la mise à jour de l'état des lieux du MEDDTL DEB de mars 2012

- Note technique pour l'identification et inversion des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines dans les prochains SDAGE de novembre 2013 - DEB- Bureau des eaux souterraines et de la ressource en eau

Rapports et études :

- ANDRAL B. coord. Caractérisation de l'état de référence biologique des masses d'eau côtières au regard de la directive cadre sur l'eau, 2010, IFREMER, Université de la Réunion, ARVAM, PARETO, 53 pages

- Asconit et al, 2011, Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des rivières de l'île de La Réunion à partir des diatomées, Partie guide méthodologique, Office de l'eau de La Réunion 28 p.

- Aunay B., Brugeron A., Vaudour K., Wulleumier A., 2010, Détermination de la vulnérabilité, des pressions et des risques de pollution sur cinq Bassins d'Alimentation de Captage prioritaires à l'île de la Réunion. Rapport BRGM RP-59057-FR.

- Aunay B., de Broch d'Hotelans R., 2010, montée du niveau marin induite par le changement climatique . Phase 1 : diagnostic préalable aux conséquences sur l'intrusion saline dans les aquifères côtiers de la Réunion. BRGM/RP-59049-FR. 154 p.

- Aunay B., Dewandel B., Ladouche B., Oliva Z., Stollsteiner P (à venir), Identification des modalités d'exploitation des ressources en eaux souterraines du domaine d'altitude de l'Est de La Réunion – Phase 3. BRGM/RP-59245-FR.

- Aunay B., Lachassagne P. et Stollsteiner P., 2009, Identification des modalités d'exploitation des ressources en eaux souterraines du domaine d'altitude de l'Est de la Réunion – Phase 2. BRGM/RP- 57185-FR.125p.

- Bastone V. et Torre (De la) Y., 2011, Etude préliminaire de l'impact du changement climatique sur les risques naturels à La Réunion. Rapport BRGM/RP-59495-FR 135 p.
- Bates, B. C., Z. W. Kundzewicz, S. Wu et J. P. Palutikof, éd., 2008, Le changement climatique et l'eau, document technique publié par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Secrétariat du GIEC, Genève, 236 p.
- Bates, B. C., Z. W. Kundzewicz, S. Wu et J. P. Palutikof, éd., 2008, Le changement climatique et l'eau, document technique publié par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Secrétariat du GIEC, Genève, 236 p.
- Bertrand F. (Coord.), Janvier 2012, Projet de recherche adap'terr, l'adaptation au changement climatique : les défis d'une approche intégrée pour les territoires : rapport final, Programme Gestion et Impacts du changement climatique APR 2008, Convention de subvention 2009 n°G.2- 0005957 : 148 pages Brivois O. et al : Résultats du classement de l'état hydromorphologique des masses d'eau littorale DCE dans trois DOM : Guadeloupe, Guyane et Réunion, rapport final. Avril 2014, BRGM / ONEMA 140 pages
- DEAL, Région, ADEME, Octobre 2012, Loi Grenelle 2 du 12 juillet 2010 / Décret 2011-678 du 16 juin 2011, Projet de Schéma Régional Climat Air Énergie de La Réunion, Dossier de mise à disposition du public, 98 pages
- Dörflinger N., Dumon A., Aunay B., Picot G. avec la collaboration de Claire Moynot et de Marine Bollard (2011) : influence de la montée du niveau de la mer sur le biseau salin des aquifères côtiers des DROM/COM, rapport final, BRGM RP-60828-FR, 285 p., 125 ill., 23 ann.
- Gilles Gassiole, Sébastien Boutry, Adeline Picot, François Delmas, Jan Gwilherm, Sylvia Moreira, Jean Luc Giraudel, René Le Cohu, Michel Coste et Florence Peres, 2011. Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des rivières de l'île de la Réunion à partir des diatomées Partie guide méthodologique, 28pp
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007 : Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de~)]. GIEC, Genève, Suisse, 103 pages.
- Institut canadien des urbanistes, 2007. Études de cas de municipalités: changements climatiques et processus de planification, Nouveau Brunswick ressources naturelles Canada, 22 pages
- IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- L. Cary, V. Petit, C. Lucas, J. Lions, 2012. Détermination des valeurs seuils de quatre polluants spécifiques pour la définition de l'état des eaux souterraines de La Réunion. Rapport final. BRGM/RP-61486-FR, 59 p., 20 fig., 1 an.
- LOPEZ B. Avril 2011, Évaluation des tendances d'évolution des concentrations en polluants dans les eaux souterraines. Guide méthodologique. BRGM/RP-59931-FR http://www.onema.fr/IMG/pdf/2011_B021.pdf
- Lopez B., Croiset N., Surdyk N., Brugeron A., 2013 - Développement d'outils d'aide à l'évaluation des tendances dans les eaux souterraines au titre de la DCE. Rapport final. BRGM/RP-61855-FR, 93 p., 45 ill., 1 ann.
- Lopez B., Leynet A., 2011, Évaluation des tendances d'évolution des concentrations en polluants dans les eaux souterraines. Rapport final. BRGM/RP-59515-FR http://www.onema.fr/IMG/pdf/2011_032.pdf
- Lopez B., Petit V., Lucas C., 2012 – Évaluation des tendances à la hausse de polluants dans les masses d'eau souterraine de La Réunion. Rapport final. BRGM/RP-61792-FR. 83 p., 25 ill., 2 Ann.
- Maxence Forcellini, Henri Grondin, Chloé Mathieu, Nicolas Péru, Marine Richarson, Pierre Sagnes, Philippe Usseglio-Polatera et Pierre Valade, Sous la direction scientifique de Sylvie Méricoux et Jean-Michel Olivier, 2012: Évaluation des pressions dans les rivières de La Réunion pour l'établissement des indices de bio-indication macroinvertébrés et poissons, CNRS, Office de l'eau de La Réunion, 20 p.
- Maxence Forcellini, Henri Grondin, Chloé Mathieu, Nicolas Péru, Marine Richarson, Pierre Sagnes, Philippe Usseglio-Polatera et Pierre Valade. Sous la direction scientifique de Sylvie Méricoux et Jean-Michel Olivier, 2012: Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des rivières de l'île de La Réunion à partir des poissons et macrocrustacés et des invertébrés benthiques. Développement de l'Indice Réunion Macroinvertébrés v0 et v1 (IRM), 2011, CNRS, Office de l'eau de La Réunion, 57 p.
- Maxence Forcellini, Henri Grondin, Chloé Mathieu, Nicolas Péru, Marine Richarson, Pierre Sagnes, Philippe Usseglio-Polatera et Pierre Valade. Sous la direction scientifique de Sylvie Méricoux et Jean-Michel Olivier, 2012: Conception d'indices de bio-évaluation de la qualité écologique des rivières de l'île de La Réunion à partir des poissons et macrocrustacés et des invertébrés benthiques. Développement de l'Indice Réunion Poissons v0 et v1 (IRP) (IRM), 2011, CNRS, Office de l'eau de La Réunion, 100 p.
- Méricoux S., Olivier J.M., Valade P. & Bosc P. 2008. Recherche méthodologique en vue de l'élaboration d'outils de bioévaluation de la qualité écologique des milieux aquatiques de La Réunion. Convention ARDA-OLE. 28 pp.
- Nakashima, D.J., Galloway McLean, K., Thulstrup, H.D., Ramos Castillo, A. and Rubis, J.T. 2012. Weathering Uncertainty: Traditional Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation. Paris, UNESCO, and Darwin, UNU, 120 pp.
- Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique, 2007 : Les outre-mer face au défi du changement climatique, Rapport au Premier ministre et au Parlement, 186 p.
- Page « Tendances » de l'espace eaux souterraines sur res'eau : <http://www.reseau.eaufrance.fr/ressource/tendances>

- Roy D, Quetelard H, Jumaux G, 2009 : Etude pour l'identification des évolutions des changements climatiques à La Réunion (version finale), Météo France – Direction Interrégionale de La Réunion, 78 pages
- SAFEGE 2013 : Etat des lieux 2013 du district hydrographique de la Réunion. DEAL Réunion
 - Chapitre 1 cadre général : Les ambitions de la Directive Cadre sur l'Eau, 8 pages
 - Chapitre 2 Présentation générale du district hydrographique et des masses d'eau, Usages et activités liés à l'eau, 67 pages
 - Chapitre 3 Les masses d'eau douces superficielles cours d'eau et plans d'eau, Descriptif, Inventaire des pressions, Évaluation de l'état et du risque de non atteinte des objectifs environnementaux, 90 pages
 - Chapitre 4 Les masses d'eau souterraines Descriptif, Inventaire des pressions Évaluation de l'état et du risque de non atteinte des objectifs environnementaux, 46 pages
 - Chapitre 5 Les masses d'eau côtières Descriptif, Inventaire des pressions, Évaluation de l'état et du risque de non atteinte des objectifs environnementaux, 89 pages
- Chapitre 6 Registre des Zones Protégées, 19 pages
- Chapitre 7 Les outils de planification de la gestion de l'eau à La Réunion, 19 pages
- Chapitre 8 Inventaire des émissions polluantes, 16 pages
- Chapitre 9 Analyse de la tarification et du recouvrement des coûts des services liés à l'eau, 104 pages
- Vinchon.C., Delattre.M., coord., 2009,, Mise en place du volet « hydro-morphologie » des eaux côtières et de transition dans le cadre de la Directive cadre sur leau. Phase 1 : méthodologie de définition du « très bon état » et identification préliminaire des paramètres à suivre. Rapport final de phase 1. BRGM/RP-57525-FR, 112 pages, 24 fig., 19 tabl., 4 ann.
- WWAP (World Water Assessment Programme). 2012. The United, Nations World Water Development Report 4: Managing Water under, Uncertainty and Risk. Paris, UNESCO. 405 p



