



Révision des états des lieux de Rhône-Méditerranée et de Corse

PLANS D'EAU DOUCE

Évaluation des impacts des pressions et
du risque de non atteinte des objectifs
environnementaux en 2027

(non atteinte du bon état écologique)

Les outils, méthodes et démarches utilisés



Juin 2018



1. Pressions étudiées et niveaux d'impacts

L'évaluation du risque de non atteinte des objectifs environnementaux en 2027 (RNAOE 2027) pour les plans d'eau s'appuie sur l'analyse de différents types de pressions et de leurs impacts probables sur l'état écologique de chacune des masses d'eau (la méthode ne traite pas du risque de non atteinte du bon état chimique).

Les types de pressions pris en compte sont :

- L'altération du régime hydrologique (marnage) ;
- L'altération de la morphologie ;
- Les prélèvements d'eau ;
- Les pollutions par les nutriments urbains et industriels ;
- Pollutions par les substances toxiques (hors pesticides)
- Les pollutions par les nutriments agricoles ;
- Pollutions par les pesticides
- L'altération de la continuité écologique (seule la continuité piscicole est ici traitée).

La démarche consiste à identifier la présence de ces différents types de pressions et d'évaluer leurs impacts selon les modalités suivantes :

- 1 – impact nul ou faible (pression absente ou impact non mesurable)
- 2 – impact mesurable mais dont l'effet est localisé à l'échelle de la masse d'eau
- 3 – impact fort, susceptible de déclasser l'état de la masse d'eau

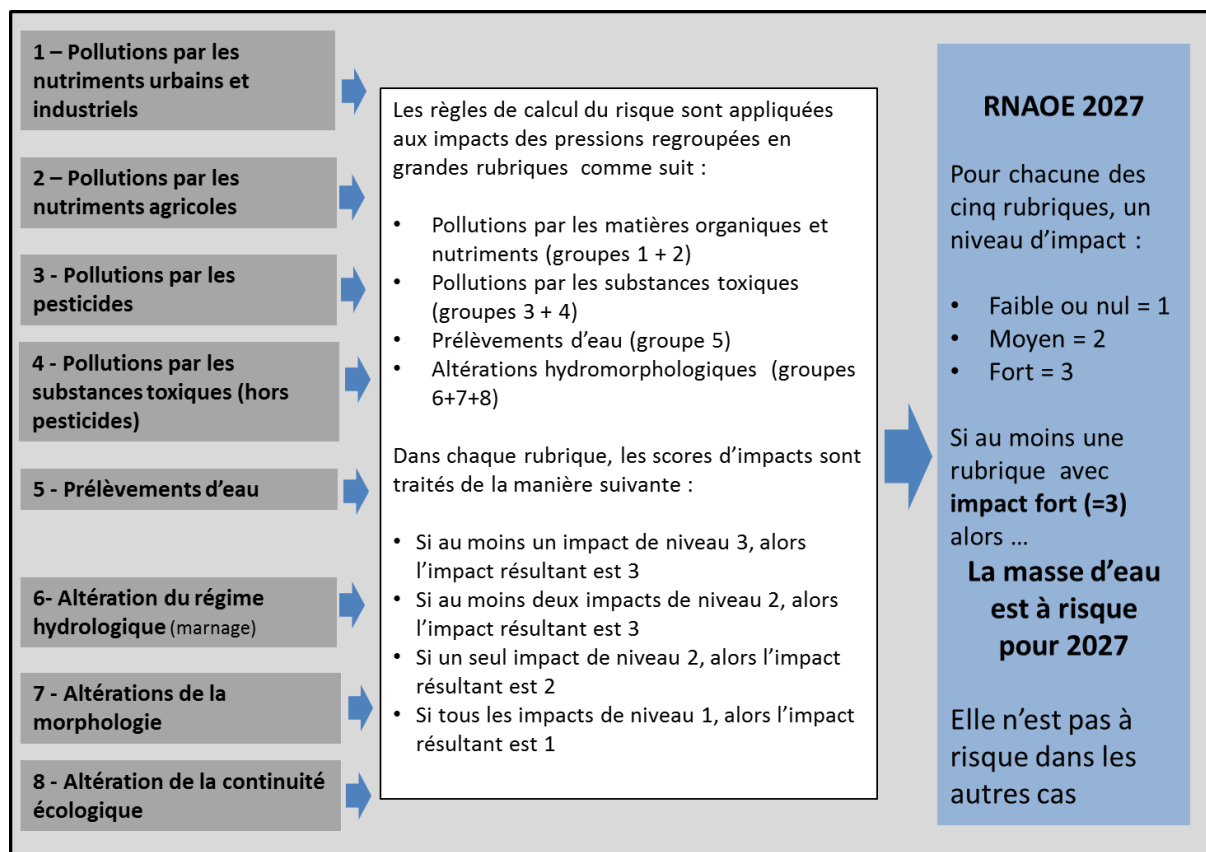
Les pollutions par les substances toxiques (rejets industriels et urbains) et par les pesticides d'origine agricole ne sont pas traitées dans cette note. Les méthodes appliquées sont celles décrites dans la note relative aux cours d'eau. Il conviendra de s'y référer.

Par ailleurs, la contamination par les substances toxiques et les nutriments contenus dans les sédiments des plans d'eau n'est pas prise en compte dans l'évaluation du RNAOE décrite ci-après. En effet, les données acquises dans le cadre de la surveillance des masses d'eau ne sont pas suffisantes pour disposer d'une évaluation des stocks de polluants contenus dans les sédiments et du potentiel de remobilisation de ces polluants au sein de la masse d'eau. Suite à l'évaluation du RNAOE décrite dans la présente note, une réévaluation de la classe d'impact pour la pression considérée peut être opérée au cas par cas en fonction des connaissances locales disponibles.

2. Evaluation du RNAOE 2027

Le RNAOE 2027 est ensuite évalué sur la base d'une agrégation des différents impacts selon les modalités exposées dans le schéma ci-après. Lors de cette étape, la démarche consiste à cumuler des impacts dont la nature et les effets peuvent être semblables et/ou cumulatifs (ex : regroupement des pollutions par les nutriments urbains et industriels et par les nutriments agricoles dans une rubrique « pollution par les matières organiques et nutriments ...). Le RNAOE étant apprécié à l'horizon 2027, son calcul utilisera les impacts des pressions intégrant le scénario d'évolution (pressions de rejets urbains ponctuels et de prélèvements, liés aux tendances évolutives de la démographie).

Les évolutions du RNAOE entre les états des lieux 2013 et 2019 peuvent être liées à l'actualisation des données de base, au recours à des méthodes nouvelles ou modifiées, ainsi qu'à la réduction des impacts sous l'effet du programme de mesures (PdM). En effet, l'actualisation de la méthode d'évaluation du RNAOE pour l'état des lieux de 2019 permet, lorsque les données sont disponibles, d'intégrer la réduction éventuelle des impacts par le PdM dans l'évaluation du risque et de mettre en évidence la part du PdM dans cette évaluation.



Une fois le risque évalué selon le schéma ci-avant, les pressions qui ont contribué au RNAOE sont distinguées. Ce sont les pressions qui ont contribué au risque :

- soit directement (par un impact de niveau 3),
- soit par cumul (« sommation » d'impacts de niveau 2, voir schéma précédent).

De fait, si toutes les pressions à impact fort (3) sont distinguées, parmi celles dont l'impact est moyen (2) seules celles qui pèsent sur le RNAOE en 2027 sont retenues comme pressions significatives (voir schéma précédent).

3. Les pressions à l'origine du RNAOE 2027

Distinction de l'origine des pressions

La distinction de l'origine des pressions est possible pour toutes les données qui sont propagées dans le modèle Mosquiteau (nutriments urbains et industriels, substances toxiques, prélèvements). Plusieurs simulations sont lancées avec les données spécifiques de chaque origine, puis les résultats de chaque propagation sont agrégés. Les résultats agrégés permettent de calculer les indices de pressions et impacts à la masse d'eau et le ratio entre les résultats des propagations ainsi que la part de chacune des origines.

Concernant l'hydromorphologie, les données issues du protocole ALBER (altération des berges) permet de renseigner l'origine des pressions.

3.1 Altération du régime hydrologique (marnage)

3.1.1 Données utilisées

Cette pression est étudiée au travers de l'amplitude du marnage artificiel des plans d'eau.

Pour les plans d'eau d'origine naturelle, le maintien d'une côte par un ouvrage de régulation au niveau de l'exutoire est également considéré comme une pression. Des périodes d'exondation sont en effet nécessaires au bon fonctionnement de l'écosystème, notamment pour le développement des roselières et la minéralisation de la matière organique accumulée en zone littorale.

Pour les retenues d'eau à l'amont de barrages, le marnage doit permettre l'atteinte du bon potentiel écologique.

❖ Données pour caractériser la pression :

	Description	Source
Amplitude du marnage	Valeur connue (m) ou classe ($\leq 3m$ ou $> 3m$)	Données IRSTEA
Nature du marnage	Artificiel*, naturel ou inexistant	Données IRSTEA

* Dans le cas des plans d'eau d'origine naturelle, le marnage artificiel d'un plan d'eau peut être caractérisé par les fluctuations de sa cote ou au contraire par son maintien.

❖ Données pour caractériser l'impact :

Les seuils utilisés pour les classes d'impact du marnage sont ceux appliqués pour l'état des lieux de 2013. Ces seuils ont été définis sur la base d'un score de qualité d'habitat (protocole lake habitat survey).

3.1.2 Méthode de caractérisation de l'impact

Le marnage artificiel (fortes fluctuations ou maintien d'une cote) diminue la richesse spécifique et l'abondance en macrophytes, dans la zone littorale, proportionnellement à l'amplitude du marnage. L'annexe 1 décrit la méthode appliquée pour définir les seuils des classes d'impact.

Les seuils retenus pour les classes d'impact sont les suivants :

Tableau 1 : Classes d'impact pour la pression « Modification du régime des eaux »

Marnage artificiel (m)	Score d'impact
≤ 3	1
$3 < X \leq 10$ ou maintien de la cote*	2
> 10	3

* Concerne essentiellement les plans d'eau naturels

Cas particuliers :

- Plans d'eau naturels : dans le cas des masses d'eau naturelles, dont le marnage artificiel excède rarement 1.5m, l'attribution d'un score d'impact supérieur à 1 s'appuie sur des expertises ou les études disponibles. A l'inverse, certains plans d'eau naturels subissent une forte régulation de leur niveau : dans ces cas-là, un score d'impact 2 est attribué ;
- Plans d'eau artificiels : pour les masses d'eau fortement modifiées stockant l'eau pour un usage hydroélectrique, compte tenu des contraintes techniques obligatoires le score d'impact maximal est de 2.

3.1.3 Effets de la mise en œuvre du programme de mesures

Les effets de la mise en œuvre du programme de mesures sont évalués sur la base des actions réalisées pour rétablir un marnage proche de l'hydrologie naturelle du plan d'eau et/ou reflétant l'hydrologie de ses affluents.

3.2 Altération de la morphologie

Cette pression est étudiée au travers de l'occupation du sol et des altérations observées au niveau de la zone rivulaire et littorale.

3.2.1 Données utilisées

Depuis 2011, les protocoles ALBER (altération des berges) et CHARLI (caractérisation des rives et du littoral) sont mis en œuvre dans le cadre du réseau de surveillance des plans d'eau. L'impact lié à la pression morphologie est défini à partir du sous-indice morphologie de l'indicateur LAKHYC (LAKE HYdromorphological Conditions) calculé à partir des données de ces deux protocoles.

Ces données ont été transmises en novembre 2017 par l'IRSTEA pour l'ensemble des masses d'eau des bassins Rhône-Méditerranée et Corse.

3.2.2 Méthodologie de caractérisation de l'impact

Le tableau suivant précise les classes d'impact attribuées en fonction des scores du sous-indice morphologie de l'indicateur LAKHYC :

Sous-indice Morphologie (LAKHYC)	Score d'impact
<0.3	1
<0.6	2
0.6<x<1	3

3.2.3 Effets de la mise en œuvre du programme de mesures

Les effets de la mise en œuvre du programme de mesures sont évalués sur la base des actions mises en œuvre pour restaurer les habitats du plan d'eau. L'efficacité des actions ainsi mise en œuvre est ainsi évaluée selon le pourcentage de linéaires restaurés par rapport au linéaire total.

3.3 Prélèvements d'eau

3.3.1 Données utilisées

❖ Données pour caractériser la pression :

Volumes prélevés (m³) dans les plans d'eau et sur leur bassin versant, par type d'usage.

❖ Données pour caractériser l'impact :

- Volume d'eau apporté par les affluents des plans d'eau
- Temps de séjour des plans d'eau (expertise complémentaire)

3.3.2 Méthode de caractérisation de la pression

Cette pression est uniquement étudiée au travers de l'impact des prélèvements sur les apports naturels au plan d'eau. La mise en regard des prélèvements identifiés avec les temps de séjour de chacune des masses d'eau n'a pas pu être effectuée compte tenu du manque de données (et/ou de fiabilité). Il a donc été proposé un indicateur qui compare les volumes prélevés dans le plan d'eau au volume apporté par les affluents, en un an.

26 plans d'eau sont concernés par des ouvrages de prélèvements d'eau. Ces prélèvements sont répartis par types.

Les types de prélèvement considérés sont : alimentation en eau potable (AEP), les prélèvements industriels et ceux pour l'irrigation (gravitaire, et autre). Ne sont pas pris en compte des prélèvements qui restituent l'eau quasi-instantanément (ex : aquaculture ...).

Le prélèvement d'eau lié aux canons à neige peut être assimilé à de l'irrigation de type gravitaire (consommation estimée à 18% du volume prélevé). Une fraction de la neige créée artificiellement, généralement redistribuée dans le bassin versant du plan d'eau prélevé, va revenir sous forme liquide jusqu'au plan d'eau.

La pression de prélèvement est définie à partir des volumes consommés obtenus d'après les équations suivantes :

- Alimentation en Eau Potable (AEP) : $V_{consommé} = 20 \% V_{prélevé}$;
- Irrigation (gravitaire) : $V_{consommé} = 18 \% V_{prélevé}$;
- Irrigation (autres) : $V_{consommé} = 100 \% V_{prélevé}$;
- Industrie : $V_{consommé} = 7 \% V_{prélevé}$.

3.3.3 Méthode de caractérisation de l'impact

Méthode nationale : calcul d'un indicateur basé sur le rapport du volume mensuel consommé en période d'étiage et du volume mensuel écoulé sur la base du QMNA5 (débit d'étiage de référence sur 5 ans). Le QMNA5 n'étant pas pertinent pour les plans d'eau puisqu'il s'agit d'un débit, une méthode spécifique aux plans d'eau est nécessaire.

Hypothèse de travail (d'après **R. Pourriot et al.**, 1995) : les prélèvements d'eau ont une incidence sur le temps de séjour des plans d'eau. La sensibilité des plans d'eau aux pollutions organiques dépend en partie de leur temps de séjour, qui conditionne la circulation, le stockage et le relargage des nutriments.

En partant de cette hypothèse, un indicateur basé sur le rapport du volume consommé et du volume annuel (calculé à partir des modules des affluents de la masse d'eau considérée) apporté au plan d'eau a été calculé :

$$R = \frac{\text{Volume consommé (m}^3\text{)}}{\text{Volume annuel apporté au plan d'eau (m}^3\text{)}}$$

❖ Analyse du ratio et construction des seuils de classe d'impact

Les seuils délimitant les classes ont été fixés par expertise :

- $0 \leq R \leq 0,20$: la pression est inexistante, ou elle existe mais n'est pas significative (**score d'impact 1**), cela revient à dire que le volume annuel consommé représente moins de 20% du volume d'eau apporté au plan d'eau sur 1 an.
- $0,20 < R \leq 0,50$: pression dont l'impact est significatif mais insuffisant à lui seul pour déclarer le plan d'eau à risque (**score d'impact 2**).
- $0,50 < R \leq 1$: pression dont l'impact est déclassant à lui seul (**score d'impact 3**) c'est-à-dire que le volume consommé équivaut à plus de la moitié du volume apporté.

Tableau 2 : Classes d'impact pour la pression « Prélèvements »

Ratio de prélèvement	Score d'impact
$0 < R \leq 0,20$	1
$0,20 < R \leq 0,50$	2
$0,50 < R \leq 1$	3

Une expertise au cas par cas peut conduire à ajuster ces impacts, notamment pour tenir compte du temps de séjour de l'eau dans le plan d'eau.

3.3.4 Effets de la mise en œuvre du programme de mesures

La réduction des prélèvements ne montre pas toujours d'effets facilement mesurables dans le milieu. Pour tenter de les identifier dans un premier temps, les différences de prélèvements entre les EDL de 2013 et 2019 sont calculés. Puis dans un second temps, ces résultats sont examinés là où des PGRE ont été effectivement engagés afin de vérifier que les données pressions prennent bien en compte ces mesures.

3.4 Pollutions par les nutriments urbains et industriels

3.4.1 Données utilisées

Les données utilisées sont issues des bases de données agence relatives aux rejets ponctuelles de type urbain (BD ERU, base Redevances, base Mesures Rejets) et industriel de 2010 (GIDAF ou Suivi Régulier des Rejets). Ces données sont disponibles sous forme de flux journaliers rejetés directement dans le plan d'eau, ou sur les cours d'eau du bassin versant (local) du plan d'eau.

Remarque : les modèles disponibles aujourd'hui ne permettent pas de considérer une échelle plus large (ensemble du bassin versant du plan d'eau) pour la propagation des éléments phosphorés.

3.4.2 Méthode de caractérisation de la pression

Cette pression est étudiée uniquement sous l'angle des apports des affluents du plan d'eau considéré. Comme indiqué dans le chapitre 1, les données disponibles ne permettent pas de prendre en compte à ce stade les transferts de nutriments stockés dans les sédiments. Après application de la présente méthode, une réévaluation de la classe d'impact pour la pression considérée peut être opérée au cas par cas en fonction des connaissances locales disponibles.

Les flux de nutriments (P_{tot}) sont alors calculés à l'échelle du bassin versant du plan d'eau. Ils sont ensuite rapportés à la surface des plans d'eau. Ces flux sont donc exprimés en Kg/Jour/Hectare. Des tests ont été réalisés pour vérifier la corrélation entre les concentrations en chlorophylle-a dans le plan d'eau (utilisé comme proxy de la production primaire) et les concentrations en phosphore total (Cf. annexe 2).

3.4.3 Méthode de caractérisation de l'impact

L'impact de la pression est établi par croisement entre les données de chlorophylle-a et les flux de phosphore total (Cf annexe 3) rapportés à la surface du plan d'eau. Les seuils ainsi obtenus sont les suivants :

Tableau 3 : Classes d'impact pour la pression « Pollutions ponctuelles – nutriments »

flux de phosphore total rapporté à la surface du plan d'eau Kg/J/Ha	Score d'impact
Flux ≤ 0.06	1
0.06 < Flux ≤ 0.12	2
Flux > 0.12	3

3.4.4 Effets de la mise en œuvre du programme de mesures

Les effets du programme de mesures sont mis en évidence par comparaison des flux de phosphore total calculés en 2013 et 2019.

3.5 Pollutions par les nutriments agricoles

3.5.1 Données utilisées

Les données utilisées sont celles mises à disposition par le ministère. Il s'agit des données d'occupation du sol établies par l'Irstea (CORILA et Corin Land Cover 2012).

3.5.2 Méthode de caractérisation de la pression

Cette pression est étudiée uniquement sous l'angle des apports des affluents du plan d'eau considéré. Comme indiqué dans le chapitre 1., les données disponibles ne permettent pas de prendre en compte à ce stade les transferts de nutriments stockés dans les sédiments. Après application de la présente méthode, une réévaluation de la classe d'impact pour la pression considérée peut être opérée au cas par cas en fonction des connaissances locales disponibles.

Les données d'occupation du sol du bassin versant de chaque plan d'eau ont été exploitées : un lien est mis en évidence entre la surface relative des terres agricoles (rapportée à la surface du bassin versant) et la qualité de la masse d'eau en termes de teneurs en nutriments.

3.5.3 Méthode de caractérisation de l'impact

Les surfaces relatives agricoles issues de CLC2012 apparaissent pertinentes pour évaluer le niveau de pression des pollutions d'origine diffuse.

Les types de surface suivants de la nomenclature CLC2012 ont été considérés :

- 21 : terres arables
- 22 : cultures permanentes
- 241 : cultures annuelles associées aux cultures permanentes
- 242 : systèmes culturaux et parcellaires complexes
- 23 : prairies
- 243 : surfaces essentiellement agricoles interrompues par des espaces naturels importants
- 244 : territoires agroforestiers

D'après la distribution des ratios de surfaces agricoles et de surface total BV, les classes d'impact suivantes ont été utilisées :

Tableau 4 : Classes d'impact pour la pression « Pollutions diffuses (nutriments) »

Ratio surface agricole / surface total BV	Score d'impact
$0 < R \leq 0.25$	1
$0.25 < R \leq 0.50$	2
> 0.50	3

Ces classes d'impact ont été validées par croisement avec les indices phytoplancton disponibles.

3.5.4 Effets de la mise en œuvre du programme de mesures

Les effets du programme de mesure seront estimés sur la base de l'évolution des risques d'émission calculés en 2013 et 2019.

3.6 Altération de la continuité écologique

La pression étudiée ici concerne l'enjeu de continuité piscicole. La méthode appliquée pour caractériser la pression et l'impact est celle utilisée pour l'état des lieux de 2013.

3.6.1 Données utilisées

❖ Données pour caractériser la pression :

La liste des plans d'eau avec un enjeu piscicole, présentant sur les tributaires des obstacles de type seuil/barrage infranchissables pour des espèces identifiées, a été transmis par l'AFB.

❖ Données pour caractériser l'impact :

- 3 Couches SIG issues de la base de données de l'Agence :
 - Couche « rivières principales »
 - Couche « rivières secondaires »
 - Couche « hydro linéaire 50 000 T0 »
- Utilisation du SCAN 25 à partir du SIG

3.6.2 Méthode de caractérisation de la pression

D'après les données fournies par l'AFB, 17 plans d'eau ont été identifiés à enjeu piscicole, avec des ouvrages en amont.

3.6.3 Méthode de caractérisation de l'impact

❖ Construction du ratio

La méthode proposée pour évaluer l'impact de cette pression repose sur le calcul du ratio R. Il s'agit du rapport entre le nombre d'affluents présentant des seuils/barrages pondérés par un score d'importance (affluent principale, secondaire) et le nombre total de tributaires pondérés par leur importance.

Ce ratio s'écrit :

$$R = \frac{\sum(n_{AFi} \times score_{AFi})}{\sum(n_{AFi} \times score_{AFi}) + \sum(n_{AF} \times score_{AF})}$$

Avec :

n_{AFi} = nombre d'affluents impactés, c'est-à-dire présentant un ouvrage, avec un score d'importance identique.

$score_{AFi}$ = score d'importance de l'affluent impacté, basé sur les couches SIG rivières principales, secondaires et hydro 50 000.

$n_{AF} \times score_{AF}$ = la même opération mais pour les affluents non impactés et repérés à partir des couches SIG ou du scan 25.

Les scores d'importance sont attribués comme suit :

- Affluent présent dans la couche SIG « rivières principales » : score 3
- Affluent présent dans la couche SIF « rivières secondaires » : score 2
- Affluent présent dans la couche SIG « hydro 50 000 T0 » : score 1

Exemple du lac d'Annecy :

EU_CD	Nom du plan d'eau	Tributaires	EU_CD tributaire	Score importance du tributaire (classe)
FRDL66	Lac d'Annecy	Rivière l'Eau Morte	FRDR535	3
		Le Laudon	FRDR10745	2
		Rivière l'Ire	FRDR10708	2
		Ruisseau de Bornette	FRDR11598	2
		R. d'Entrevernes	Non codé	1
		Ruisseau Nant Terlin	Non codé	1
		Ruisseau Nant de Grenant	Non codé	1
		Ruisseau Nant des Charnières	Non codé	1
		Ruisseau de la Combe Noire	Non codé	1
		Ruisseau des Champs fleuris	Non codé	1

Les affluents grisés (l'Eau Morte, le Laudon, l'Ire et Bornette) sont ceux impactés par un ou plusieurs ouvrages. Le nombre d'ouvrages n'est pas pris en compte, considérant qu'un ouvrage peut à lui seul être infranchissable pour l'espèce considérée. Les six derniers affluents ne sont pas impactés.

Calcul :

$$R = \frac{(1 \times 3) + (3 \times 2)}{[(1 \times 3) + (3 \times 2)] + [(6 \times 1)]}$$

1 affluent x score d'impact = 3
ET
3 affluents avec score d'impact = 2

6 affluents x score d'impact = 1

❖ Analyse du ratio et Construction des seuils de classe d'impact

Après calcul du ratio de chaque plan d'eau, les seuils ont été délimités au vue de la distribution de ces ratios comme suit :

- R = 0 : pas de cours d'eau impactés, donc pas de pression : **score d'impact 0.**
- 0 < R ≤ 0,20 : pression existante mais non impact nul : **score d'impact 1.**
- 0,20 < R ≤ 0,50 : pression dont l'impact est significatif mais insuffisant à lui seul pour déclarer le plan d'eau à risque : **score d'impact 2.**
- 0,50 < R ≤ 1 : pression dont l'impact est déclassant à lui seul : **score d'impact 3.**

Tableau 5 : Classes d'impact pour la pression « Autres pressions – Continuité piscicole »

Ratio de continuité piscicole	Score d'impact
$0 < R \leq 0,20$	1
$0,20 < R \leq 0,50$	2
$0,50 < R \leq 1$	3

3.6.4 Effets de la mise en œuvre du programme de mesures

Les ratios obtenus lors de l'EDL 2013 et l'EDL 2019 seront comparés afin de mettre en évidence les actions mises en œuvre ou non sur les ouvrages identifiés pour chacune des masses d'eau présentant un enjeu continuité piscicole.

Sommaire des annexes

Annexe 1 : Méthode de caractérisation de l'impact du marnage

Annexe 2 : Méthode de caractérisation de la pression relative aux pollutions par les nutriments urbains et industriels

Annexe 3 : Méthode de caractérisation de l'impact lié aux pollutions par les nutriments urbains et industriels

Annexe 1 : Méthode de caractérisation de l'impact du marnage

Hypothèse de travail (d'après Agences de l'eau, 1999 ; P. A. Keddy *et al.*, 1986 ; T. Riis *et al.*, 2002 ; K. Schmieder *et al.*, 2004 ; J. Nishihiro *et al.*, 2004) : le marnage artificiel diminue la richesse spécifique et l'abondance en macrophytes, dans la zone littorale, proportionnellement à l'amplitude du marnage.

Le marnage naturel n'est pas censé impacter les communautés végétales du littoral puisqu'elles y sont adaptées, et les variations de hauteur d'eau sont périodiques et stables dans le temps.

❖ Choix des métriques

- Etude de la relation entre **amplitude de marnage** et le score de **qualité d'habitat de la zone littorale** des 80 plans d'eau échantillonnés par le protocole Lake Habitat Survey (LHS). Ce score est basé en partie sur l'abondance et la diversité en macrophytes.

-La sélection des plans d'eau concernés par le marnage (artificiel et naturel) et échantillonnés par le protocole LHS conduit à l'obtention **d'un jeu de données de 62 plans d'eau**, 49 à marnage artificiel et 13 à marnage naturel.

- Mise en évidence d'une corrélation entre amplitude du marnage artificiel et qualité d'habitat de la zone littorale. Pas de relation entre marnage naturel et qualité d'habitat littoral.

- L'objectif final est d'associer à chaque plan d'eau un score d'impact concernant la pression de marnage.

Le score 0 est directement attribué au plan d'eau non marnant et aux plans d'eau dont le marnage est naturel. Pour les autres, il faut fixer des seuils d'amplitude de marnage.

❖ Construction des jeux de données et détermination des classes de l'impact

- Pré-identification de classes et de seuils :

➤ **Groupe T** : plans d'eau à marnage naturel, dont l'amplitude est connue (22 PE).

➤ **Groupe 0** : plans d'eau à marnage artificiel, avec une amplitude ≤ 3 m (23 PE). Ce seuil a été fixé à 3 m car d'une part l'IRSTEA a considéré qu'en dessous de ce seuil l'impact du marnage est négligeable et d'autre part cela permettait d'augmenter l'effectif du jeu de données en incluant les plans d'eau pour lesquels l'IRSTEA a simplement donné la classe (≤ 3 m et > 3 m)

➤ **Groupes 1 et 2** : regroupent 32 plans d'eau à marnage artificiel supérieur à 3m. Le seuil entre ces deux groupes a pris différentes valeurs : 10, 15, 20, 30 m d'amplitude. Ceci afin de choisir le seuil le plus cohérent statistiquement et biologiquement.

-Au total **le jeu de données final est composé de 77 plans d'eau** (55 à marnage artificiel et 22 à marnage naturel)

- Des tests statistiques ont ensuite été effectués sur la base des boîtes à moustache des différentes distributions obtenues. Le test non paramétrique de Mann-Whitney-Wilcoxon, basé sur la somme des rangs attribués à chaque score de qualité d'habitat selon sa position au sein du groupe, a été utilisé.

Constats :

- Qualité d'habitat de la zone littorale diminue du groupe 0 à 2.

- Le groupe T a une distribution un peu inattendue, avec une variance de qualité d'habitat importante. Hypothèse explicative : un facteur autre que le marnage (altitude) entre en compte et diminue le score de la zone littorale indépendamment du marnage.

- Relation établie entre le score de la zone littorale et l'altitude des plans d'eau à marnage naturel. Plus l'altitude est importante, plus le score est faible en lien avec les caractéristiques naturelles du milieu.

- A l'exception de 3 masses d'eau, les marnages artificiels mesurés sur les plans d'eau naturels n'excèdent pas 1.5m.

❖ Classes d'impact retenues

- Le seuil de 3m a été conservé car le groupe 0 contient des plans d'eau avec les meilleures qualités d'habitat.

- Les différentes distributions et tests des groupes 1 et 2 conduisent à sélectionner le seuil de 10 m. Il paraît le plus cohérent au niveau statistique et biologique vis-à-vis des autres (15, 20 et 30 m).

- Le **score d'impact 1** a été attribué aux plans d'eau à **marnage artificiel ≤ 3 m**, le **score d'impact 2** aux plans d'eau à **marnage artificiel > 3 m et ≤ 10 m**, et le **score d'impact 3** aux plans d'eau à **marnage artificiel > 10 m**.

Annexe 2 : Méthode de caractérisation de la pression relative aux pollutions par les nutriments urbains et industriels

D'après la littérature, le phosphore est un paramètre limitant pour le développement des communautés algales en eau douce. Les tests réalisés sur les jeux de données rejets et de surveillance des milieux montrent une corrélation entre les teneurs en chlorophylle a estivales et les rejets ponctuels (directes + BV) en phosphore total rapportés à la surface des plans d'eau.

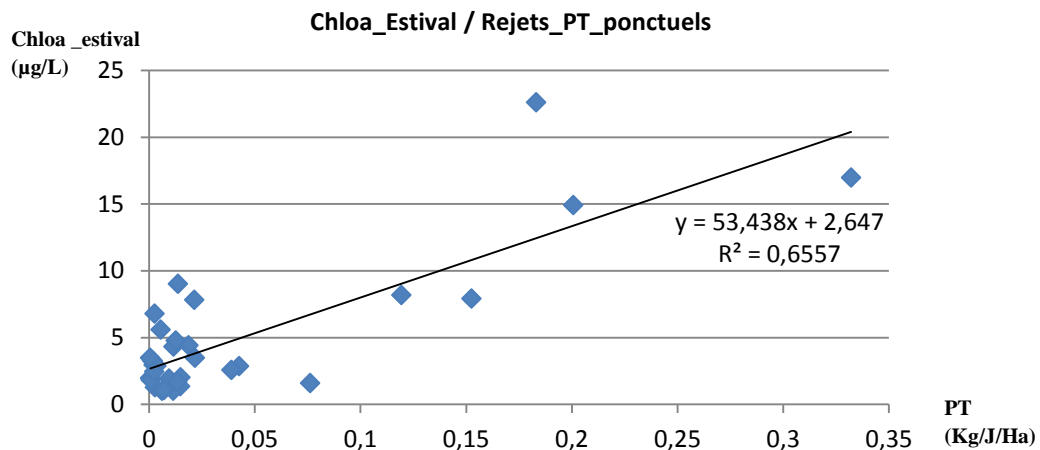


Figure 1: Concentrations moyennes estivales en chlorophylle-a (µg/L) en fonction des flux ponctuels (BV et directs) de phosphore total rapportés à la surface des plans d'eau (Kg/J/Ha)

Des rejets ponctuels directs et/ou sur le bassin versant sont ainsi identifiés pour 37 masses d'eau. La masse d'eau FRDL1 Réservoir de la Vingeanne a été sorti de cette analyse : les concentrations élevées en phosphore total et en azote minéral dans le plan d'eau ne peuvent être expliquées par les données de rejets ponctuels disponibles.

Annexe 3 : Méthode de caractérisation de l'impact lié aux pollutions par les nutriments urbains et industriels

La représentation graphique ci-dessous présente l'écart entre la concentration en chlorophylle-a mesurée dans le milieu, et le seuil qui délimite le bon état pour ce paramètre d'après les directives nationales (Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface). L'écart au seuil de bon état correspond à : (Seuil de bon état – [Chlorophylle-a estival]).

Pour mémoire, les seuils d'états pour la chlorophylle-a sont définis pour chaque plan d'eau à partir de la profondeur moyenne.

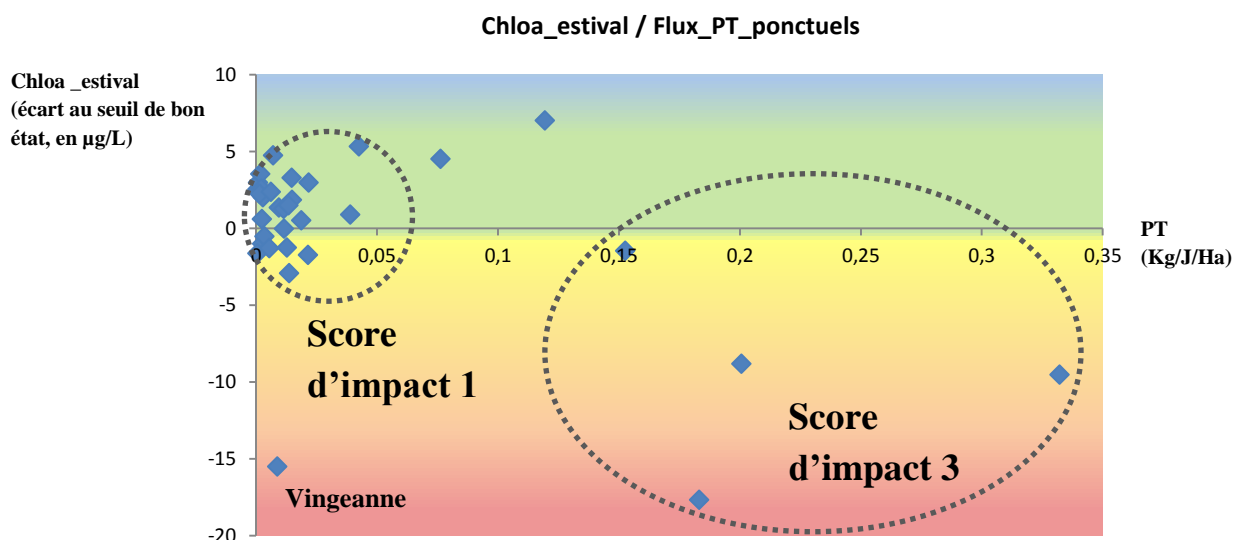


Figure 2: Ecart des concentrations moyennes estivales en chlorophylle-a (µg/L) par rapport au seuil de bon état en fonction des flux ponctuels (directs et BV) de phosphore total rapportés à la surface des plans d'eau (Kg/J/Ha)

A l'exception de la Vingeanne, les plans d'eau pour lesquels les flux ponctuels de phosphore total sont supérieurs à 0,12 Kg/J/Ha présentent un état moyen à mauvais pour le paramètre chlorophylle-a estival. Il est donc proposé de considérer qu'au-delà de cette valeur il existe un risque majeur d'impact sur le milieu. Pour des flux inférieurs à cette valeur, il est difficile de distinguer l'impact de cette pression vis-à-vis de celui exercé par les pressions de pollution diffuse.