

A vertical decorative image on the left side of the page, showing a close-up of reeds or grasses in shades of blue and green.

Lien entre la toxicité, la contamination des milieux aquatiques mesurés chez *Gammarus fossarum* et la perturbation des communautés biologiques

Proposition de valeurs seuils au niveau national pour la mesure de marqueurs de toxicité chez *Gammarus fossarum*.

Rapport final

Olivier Geffard, Benjamin Alric, Adeline François, Nicolas Delorme, Patrice Noury, Arnaud Chaumot (Irstea Lyon)

février 2019

- **AUTEURS**

Laboratoire d'écotoxicologie, UR RiverLy, Irstea Lyon-Villeurbanne

Olivier Geffard, directeur de recherche (Irstea), olivier.geffard@irstea.fr

Benjamin Alric, post-doctorant (Irstea), benjamin.alric@irstea.fr

Adeline François, Ingénieur d'étude (Irstea), adeline.francois@irstea.fr

Nicolas Delorme, Technicien (Irstea), nicolas.delorme@irstea.fr

Patrice Noury, Ingénieur d'étude, patrice.noury@irstea.fr

Arnaud Chaumot, chargé de recherche (Irstea), arnaud.chaumot@irstea.fr

- **CORRESPONDANTS**

AFB : Olivier Perceval, DAST (AFB), olivier.perceval@afb.fr

Partenaire : Olivier Geffard, Directeur de recherche (Irstea), olivier.geffard@irstea.fr

Droits d'usage : [par ex. accès libre ou accès réservé à XXX]

Niveau géographique : [un seul choix entre : mondial, national, régional, départemental, communal]

Couverture géographique : [administrative : indiquer le ou les pays, région, département ou commune ; citations locales : indiquer les noms de cours d'eau, plan d'eau, masse d'eau, bassin hydrographique]

Niveau de lecture : [plusieurs choix possibles entre : scolaires, citoyens, professionnels, experts]

[Les rubriques propres au partenaire (visa par ex.) peuvent être insérer dans cette page ou ajouter sur une page

supplémentaire]



- **RESUME**

L'encagement de gammes contrôlées et calibrées est aujourd'hui reconnu comme une approche pertinente pour le suivi de la contamination et de la toxicité des milieux aquatiques d'eau douce. Plusieurs marqueurs moléculaires ou traits d'histoire de vie ont été développés et proposés comme marqueurs pour évaluer la toxicité des milieux aquatiques pour lesquels sont proposées des valeurs seuils au-delà desquels un effet toxique du milieu est avéré. Ces valeurs ont été développées à l'aide d'organismes encagés au niveau de la région Rhône-Alpes. Dans le cadre de ce travail et à partir d'une étude d'encagement au niveau national sur plus de quatre-vingt stations, des valeurs seuils nationales ont été déterminées et proposées pour l'activité acétylcholinestérase (neurotoxicité), le taux d'alimentation et la fécondité. Ces travaux ont mis en évidence une similarité entre les valeurs seuils précédemment définies au niveau de la région Rhône-Alpes et ceux définies dans le cadre de ce travail au niveau national. Enfin, et pour chaque marqueur, une graduation statistique de l'amplitude des effets observés a été développée et proposée. Cette nouvelle graduation / codification permet d'interpréter les mesures observées au-dessus de la valeur seuil en termes de gravité, au regard de la distribution observée de chaque réponse au niveau national.

- **MOTS CLES (BIOSURVEILLANCE ACTIVE, ECOTOXICITE, EAUX DOUCES, GAMMARIDES, SEUILS, ECHELLE NATIONALE)**



- **RELATIONSHIP BETWEEN TOXICITY, BIOAVAILABLE METALS CONTAMINATION MEASURED IN CAGED *GAMMARUS FOSSARUM* AND DISTURBANCE OF COMMUNITIES**

NATIONAL THRESHOLD VALUES FOR ECOTOXICITY MARKERS IN *GAMMARUS FOSSARUM* THROUGH A NATIONAL STUDY.

- **ABSTRACT**

Caging of controlled and calibrated gammarids is now recognized as a relevant approach for contamination and toxicity assessment of freshwater aquatic systems. Molecular markers or life traits are available in this species and are proposed as toxicity markers for aquatic monitoring and for which threshold values have been recently proposed throughout a local study (Rhône-Alpes). Based on a national study with more than eighty stations, the present study focuses on the development and the proposal of threshold values for three markers, acetylcholinesterase activity, feeding rate and the fertility and their comparison with those previously available at regional scale. Results show that regional and national threshold values are similar. Finally, and for each toxicity marker, a graduated scale was developed and proposed in order to specify and define the level of observed effects. This new graduated scale makes it possible to interpret measurements in terms of severity, in regard to the distribution of effects observed in this national study.

- **KEY WORDS (ACTIVE BIOMONITORING, ECOTOXICITY, FRESHWATERS THRESHOLDS, NATIONAL SCALE)**



LIEN ENTRE LA TOXICITE, LA CONTAMINATION DES MILIEUX AQUATIQUES MESURES CHEZ *GAMMARUS FOSSARUM* ET LA PERTURBATION DES COMMUNAUTES BIOLOGIQUES

PROPOSITION DE VALEURS SEUILS AU NIVEAU NATIONAL POUR LA MESURE DE MARQUEURS DE TOXICITE CHEZ *GAMMARUS FOSSARUM*.

- **SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE**

Synthèse pour l'action opérationnelle

Contexte général

La présente étude s'inscrit dans la continuité des travaux réalisés dans le cadre de l'accord Irstea-Agence Française de la Biodiversité, visant à développer et proposer de nouveaux outils pour évaluer la qualité des milieux aquatiques. Ces travaux, basés notamment sur l'engagement d'organismes contrôlés ont pour but d'alimenter les besoins identifiés dans le contexte de la Directive cadre sur l'eau (DCE), c'est-à-dire la nécessité d'identifier les sources de stress et de dégradations des communautés dans le but de proposer des stratégies de restaurations pertinentes. Le biomonitoring actif permet d'évaluer le niveau de contamination et la toxicité des milieux. Aujourd'hui, l'utilisation de gammarens engagés permet de conclure sur la présence ou pas d'une contamination biodisponible anormale pour plus d'une cinquantaine de composés chimiques, mais également de conclure sur le fait que la contamination chimique présente est suffisamment élevée ou pas pour conduire à un impact toxique sur les organismes exposés. Ce dernier point repose sur la disponibilité de valeurs seuils permettant d'évaluer la conformité du niveau des marqueurs de toxicité mesurés sur les organismes engagés vis-à-vis des niveaux attendus en conditions non contaminées pour les marqueurs biologiques choisis. Si ces valeurs seuils permettent aujourd'hui de conclure sur une situation normale ou pas en terme de toxicité, d'une part celles disponibles aujourd'hui ont été définies à partir d'une étude à l'échelle de la région Rhône-Alpes et d'autre part ne permettent pas d'identifier le niveau de gravité des effets toxiques observés.

Objectifs

Cette étude a considéré une application nationale de l'outil de biosurveillance active proposé avec l'engagement de gammarens pour proposer des valeurs seuils à cette échelle pour les réponses biologiques que sont le taux d'alimentation, l'activité acétylcholinestérase et la fécondité. L'objectif a été également de proposer une échelle de gravité, permettant de pondérer et de spécifier les effets observés. Pour ceci, une première partie du travail a consisté à mettre en place ce bioessai au niveau national, au travers d'une sous-traitance avec la société Biomae ceci afin que les données acquises dans ce travail aient été obtenues à l'aide du même protocole et de la même souche de gammarens.

Méthodologie

Sites étudiés :

Cent-dix stations ont été sélectionnées (Figure A). Cette base de données est constituée de deux jeux de données :

- **Jeu A** : Quarante-huit stations, expérimentées dans le cadre de la fiche-action AFB48 entre le 25 septembre 2017 et le 10 novembre 2017. Vingt-trois stations supplémentaires ont été expérimentées entre le 05 mars 2018 et fin juin 2018. Pour ces stations, seules les mesures de taux d'alimentation et d'activité acétylcholinestérase ont été réalisées.

- **Jeu B** : Trente-quatre stations ont été expérimentées dans le cadre de marchés réglementaires pour les agences de l'eau Rhône Méditerranée Corse et Rhin Meuse. Ces stations ont été expérimentées sur plusieurs campagnes de mesure, du 17 août 2017 au 06 décembre 2017. Au total, les résultats de ces différentes campagnes ont permis d'enrichir la base de donnée de 56 données. Sur ce jeu de données, l'ensemble des réponses biologiques, utilisées comme marqueurs de toxicité a été suivi.

Ces stations font partie, pour la plupart, des réseaux de contrôle de surveillance (RCS) et/ou des réseaux de contrôle opérationnel (RCO).

La dénomination et la localisation des stations sont synthétisées en Annexe A. Les caractéristiques physico-chimiques des eaux de surface (date mesures, température, oxygène, pH et conductivité) sont présentées en annexe B.

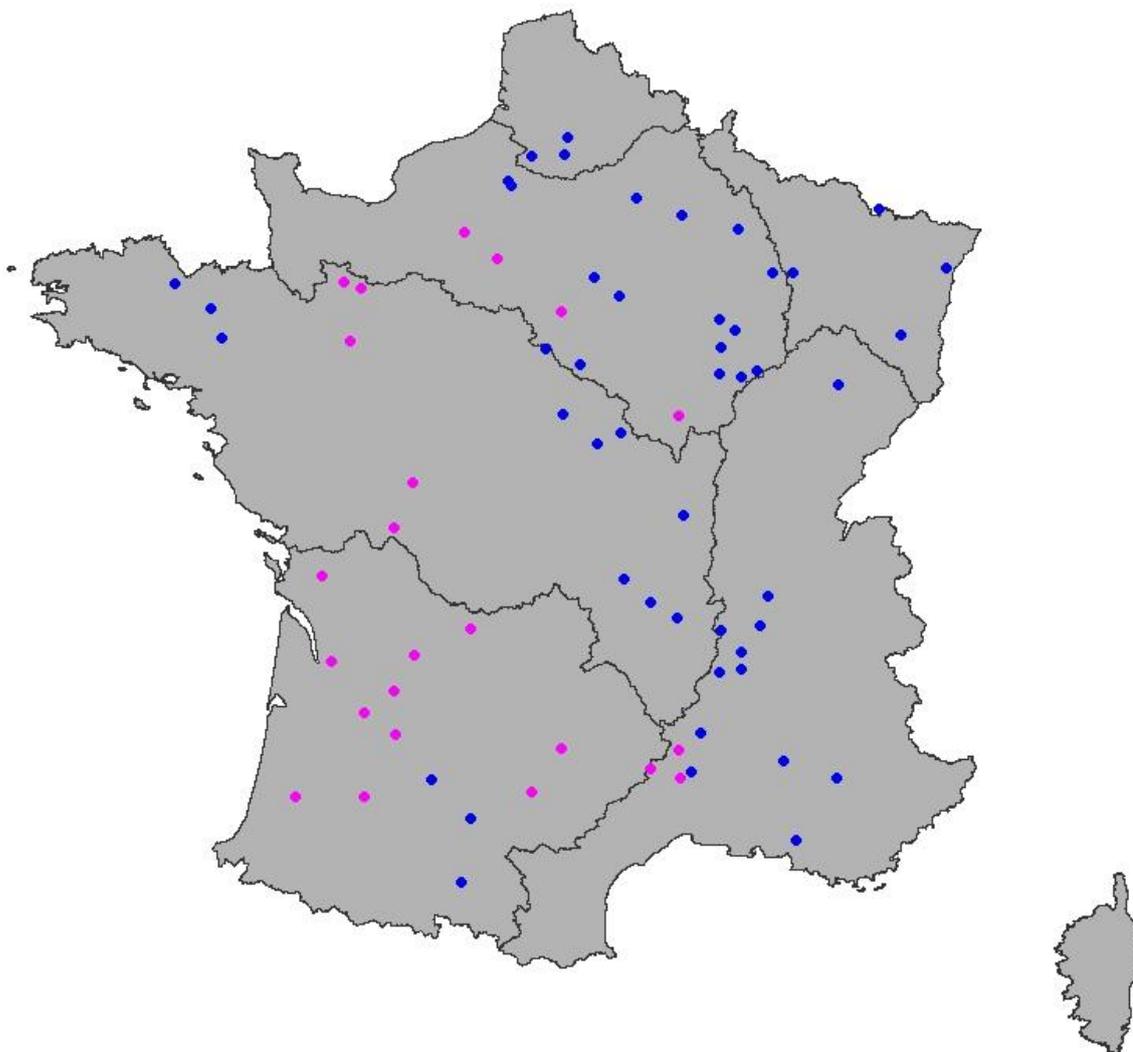


Figure A : Localisation géographique des sites retenus – Les points bleus et roses correspondent aux stations expérimentées respectivement en 2017 et 2018 dans le cadre de la fiche 48.

Protocole d'exposition in situ et marqueurs étudiés :

La mise en place des tests a été faite selon les recommandations de la norme Afnor expérimentale prochainement publiée sur ce sujet. Les organismes ont été triés de manière à sélectionner les organismes tests pour chaque bioessai en fonction de leur taille, de leur sexe ou encore de leur stade de reproduction. Ils sont ensuite encagés dans des cylindres en polypropylène (hauteur : 11 cm ; diamètre : 5 cm) percés au laser de trous de 500 µm de diamètre pour garantir une libre circulation de l'eau. Dans la rivière, les chambres sont protégées par un système d'immersion qui

est ensuite placé dans le cours d'eau, face au courant, sans distinction de rives. Les gammars des biotests d'alimentation et de neurotoxicité sont transplantés en rivière pendant 7 jours. Ceux du biotest de fécondité sont transplantés pendant une période comprise entre 14 et 21 jours selon la température. Les gammars ont été nourris durant toute la durée des expérimentations *in situ* en plaçant dans chaque système des feuilles d'aulne (*A. glutinosa*). Des sondes (Tinytag Aquatic 2 Logger®) fixées aux systèmes d'immersion ont assuré la mesure de la température toutes les heures, durant toute l'expérimentation, de la mise en cage jusqu'à l'échantillonnage des organismes, après retour au laboratoire. Enfin, la température de l'eau, la conductivité, la concentration en oxygène et le pH ont été mesurés *in situ* à chaque intervention sur site (pose et récupérations des cages).

Taux d'alimentation : La mesure de l'alimentation est basée sur l'étude de la consommation de disques de feuilles d'aulnes (*A. glutinosa*). Suite à l'exposition les résidus de disques de feuille ont été échantillonnés et leur surface a été photographiée, scannée et mesurée à l'aide d'un logiciel d'analyse d'image. Le taux d'alimentation est calculé à partir de la surface totale de disques consommée en mm², du taux de survie et de la température moyenne d'exposition. La valeur mesurée est comparée à la valeur seuil de référence, correspondant à la consommation attendue en milieu non contaminé et pour les conditions de température observées sur la station de mesure (Coulaud et al, 2011). Cette différence est exprimée en pourcentage d'inhibition (FI).

Test de neurotoxicité (acétylcholinestérase, AChE) : il est basé sur la mesure de l'activité acétylcholinestérase chez des gammars mâles de taille calibrée exposés pendant 7 jours. Le dosage de l'activité AChE a été réalisé selon la méthode colorimétrique décrite par Xuereb *et al.* (2007). Elle est exprimée en nmol/min et correspond à la moyenne des valeurs obtenues pour chaque réplicat. Elle est ensuite comparée à la valeur de référence, qui correspond à l'activité attendue en milieu non contaminé.

Test de fécondité : Après l'exposition, les embryons produits par chaque femelle ont été retirés manuellement de la poche ventrale (marsupium) à l'aide de pinces, puis placés sur une lame de verre afin d'être comptés sous loupe binoculaire (x30). La fécondité (nombre d'embryons produits) est normalisée par rapport à la taille des femelles et correspond à la moyenne des valeurs observées sur un site.

Principaux acquis

Pour chaque réponse étudiée, un seuil d'effet et une échelle graduée a été proposée selon la structuration suivante avec 5 zones de graduation :

- zone bleue : l'eau est non toxique ;
- zone vert : l'eau présente une contamination très faiblement toxique ;
- zone jaune : l'eau présente une contamination modérément toxique ;
- zone orange : l'eau présente une contamination fortement toxique ; et
- zone rouge : l'eau présente une contamination très fortement toxique.

Ainsi et pour le passage entre les couleurs, 4 seuils ont été définis. Le passage du premier seuil indique la présence d'un effet significatif, les suivants correspondent au passage entre couleurs de gravité.

Ci-dessous, la synthèse des valeurs obtenues pour les divers seuils pour les réponses étudiées dans ce travail

Test d'alimentation :

Seuils	Valeurs seuils (% d'inhibition alimentaire)
Seuil 1	21
Seuil 2	30
Seuil 3	40
Seuil 4	47

Test de neurotoxicité :

Seuils	Valeurs seuils (% d'inhibition AChE)
Seuil 1	13
Seuil 2	18
Seuil 3	29
Seuil 4	40

Test de fécondité

Seuils	Valeurs seuils (% d'inhibition de la fécondité)
Seuil 1	13
Seuil 2	19
Seuil 3	22
Seuil 4	28

Pour en savoir plus

Besse, J.P., Geffard, O., Coquery, M. (2011). Développement d'une méthodologie pour l'amélioration du suivi chimique des eaux continentales - Etat de l'art sur les approches de biosurveillance et application dans le cadre de la DCE. Cemagref-Irstea, 100 p.

Chabanne, Q., Chaumot, A., Coquery, M., François, A., Geffard, O., Lebrun, J., Recoura-Massaquant, R., Urien, N., Vigneron, A. (2015). Rapport sur la proposition d'indicateurs chimiques et toxicologiques utilisant le gammare : importance de l'espèce et de la population utilisées. Rapport d'étape IRSTEA-ONEMA, 66p.

Remerciements

La réalisation de ce travail a bénéficié de la précieuse collaboration de plusieurs personnes, que nous remercions pour leur grande disponibilité :

Patrice Noury, Laura Garnerio, Nicolas Delorme et Hervé Quéau (Ecotox, Irstea Lyon)

Les agences de l'eau Artois-Picardie (Jean Prygiel), Rhône-Méditerranée & Corse (Thomas Pelte) et Rhin Meuse (Miguel Nicolăi) pour l'accès aux données acquises à l'aide d'encagement de gammares et leur participation au comité de pilotage avec également Marina Coquery (Irstea), Dorothee Bolzan (AEAP), Maïa Akopian (AESN), Lionel Navarro (AERM&C), Xavier Bourrain (AELB) et Yorick Reyjol et Olivier Perceval de l'AFB.

• **SOMMAIRE**

1. Introduction	13
2. Matériel et méthodes	13
2.1. Prélèvement et stabulation des organismes	13
2.1.1. Site de prélèvement des gammares	13
2.1.2. Méthodes de prélèvement et stabulation des gammares	14
2.2. Protocole d'exposition et suivi des expérimentations in situ	14
2.2.1. Mise en place des expérimentations in situ	14
2.2.2. Test d'alimentation	15
2.2.3. Test de neurotoxicité (acétylcholinestérase, AChE)	16
2.2.4. Test sur la fécondité	16
2.3. Jeu de données	16
3. Résultats et Discussion	17
3.1. Test d'alimentation	17
3.2. Test de neurotoxicité	18
3.2.1. Test sur la fécondité	20
4. Glossaire	22
5. Sigles & Abréviations	Erreur ! Signet non défini.
6. Bibliographie	23
7. Table des illustrations	25
8. Annexe 1 : Liste des stations expérimentées. # : jeux de données	26
9. Annexe 2 : Conditions physico-chimiques des stations expérimentées lors des interventions à J0 et J7 pour le jeu de données A	30
10. Annexe 2 : Conditions physico-chimiques des stations expérimentées lors des interventions à J0 et J7 pour le jeu de données B – La température correspond au données des chroniques de température des sondes immergées tout le long des expérimentations	31

- **LIEN ENTRE LA TOXICITE, LA CONTAMINATION DES MILIEUX AQUATIQUES MESURES CHEZ *GAMMARUS FOSSARUM* ET LA PERTURBATION DES COMMUNAUTES BIOLOGIQUES – PROPOSITION DE VALEURS SEUILS AU NIVEAU NATIONAL POUR LA MESURE DE MARQUEURS DE TOXICITE CHEZ *GAMMARUS FOSSARUM*.**

1. Introduction

Les activités menées au cours des précédentes actions soutenues par l'ONEMA/AFB ont montré l'intérêt et la pertinence de l'encagement de gammares pour l'étude / le diagnostic de la contamination chimique (Besse *et al.*, 2011, 2012a, 2012b, 2013 ; Geffard *et al.*, 2014 ; Recoura-Massaquant *et al.*, 2014) et de la toxicité des milieux aquatiques (Chaumot *et al.*, 2013, Chabanne *et al.*, 2015). Cette approche, basée sur l'encagement d'organismes calibrés et pour une durée bien définie, couplée à de la modélisation, a permis de décrire et prédire l'impact des facteurs de confusion environnementaux (e.g. température) et ainsi de soulever un verrou majeur limitant l'utilisation des outils écotoxicologiques à large échelle, la définition de référentiels indépendants des sites expérimentés. Ce référentiel ou BBAC (Bioavailable Background Assessment Concentration : valeur seuil de contamination biodisponible) permet d'identifier la présence d'une contamination biodisponible significative. Pour les indicateurs de contaminations, métaux et composés organiques, ces valeurs seuils BBAC ont été validées au niveau national, confortant et validant ce qui avait été réalisé au niveau de la région Rhône-Alpes. Pour les réponses biologiques, marqueurs de toxicité moléculaire (e.g. activité acétylcholinestérase) et individuels (taux d'alimentation et reproduction), des valeurs seuils ont également été définies pour intégrer la variabilité de chacune de ces réponses au regard des caractéristiques physico-chimiques des sites étudiés et donc interpréter de façon fiable les modulations observées en terme d'impact de contaminants (Xuereb *et al.*, 2009, Coulaud *et al.*, 2011, Chaumot *et al.*, 2013). Toutefois, ces valeurs seuils ont été développées à l'échelle de la région Rhône-Alpes.

L'objectif de cette étude a été une application nationale de l'outil de biosurveillance active proposé avec l'encagement de gammares pour proposer des valeurs seuils à cette échelle pour les réponses biologiques tels que le taux d'alimentation, l'activité acétylcholinestérase et la fécondité. Pour aller plus loin, l'objectif a été également de proposer une échelle de gravité, permettant de classer les effets observés relativement à l'amplitude des effets observés à l'échelle des réseaux de surveillance nationaux. Pour ceci, une première partie du travail a consisté à mettre en place ce bioessai au niveau national, principalement par sous-traitance avec Biomae. L'ensemble des données acquises dans ce travail a été obtenu à l'aide du même protocole et de la même souche de gammares.

2. Matériel et méthodes

2.1. Prélèvement et stabulation des organismes

2.1.1. Site de prélèvement des gammares

Les gammares ont été prélevés dans le site de production extensif (élevage de la population de référence GAMMAREF®) de BIOMÆ. Cet élevage est situé à Saint Maurice-de-Rémens dans le département de l'Ain (Coordonnées GPS : N 45°57'27.6120", E 5°15'43.6392")(Figure 1). Un accord de collaboration existe entre Biomae et Irstea, permettant au laboratoire d'écotoxicologie d'avoir également accès à cette production pour ses travaux de recherche. Les gammares sont élevés en méthode semi-extensif dans de grands bassins, alimentés par une eau de source. La source est alimentée par la nappe de la basse vallée de l'Ain.

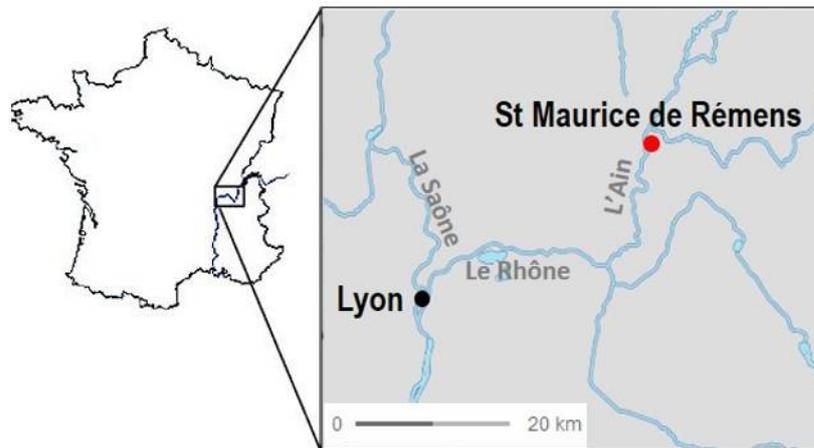


Figure 1 : Localisation du site de production à St Maurice de Rémens

2.1.2. Méthodes de prélèvement et stabulation des gammares

Les gammares ont été prélevés à l'aide d'un filet de type troubleau, puis tamisés (mailles de 2,0 et de 2,5 mm) afin de présélectionner les individus adultes à la taille souhaitée. Ils ont ensuite été rapidement transportés dans des glacières au laboratoire de BIOMÆ ou d'écotoxicologie Irstea de Lyon. Les organismes ont ensuite été maintenus en stabulation en conditions contrôlées pendant 13 jours +/- 2 dans des aquariums de 30 L, sous aération constante, une eau maintenue à une température de $12,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ et à une photopériode de 14 h de jour / 10 h de nuit.

Les organismes ont été acclimatés à différentes conductivités (entre 200 et 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Le choix de la conductivité dépend de celle des sites d'étude sélectionnés, en fonction des prospections sur les données physico-chimiques qui ont été réalisées en amont des expérimentations (base de données [Naiades](#)).

Les gammares ont été nourris à l'aide de feuilles d'aulne (*Alnus glutinosa*) récoltées sur un site de référence peu anthropisé dans le Nord Isère. Une fois par semaine, les organismes ont reçu comme supplément protéique 500 mg par aquarium de vers lyophilisés de Tubifex sp.

2.2. Protocole d'exposition et suivi des expérimentations *in situ*

2.2.1. Mise en place des expérimentations in situ

La mise en place des tests a été faite selon les recommandations de la norme Afnor expérimentale prochainement publiée sur ce sujet.

Les organismes ont été triés de manière à sélectionner les organismes tests pour chaque bioessai en fonction de leur taille, de leur sexe ou encore de leur stade de reproduction. Seuls des gammares matures ont été utilisés pour les expérimentations (poids moyen compris entre 3,6 à 4,8 mg de poids sec). Le Tableau 1 présente les organismes et les conditions de nourriture utilisés pour chaque bioessai.

Tableau 1 : Contenu des cages pour les différents bioessais

Bioessais	Nourriture	Organismes d'essai
neurotoxicité	feuilles d'Aulne	mâles de taille homogène
alimentation	disques de feuilles d'Aulne	mâles de taille homogène
fécondité	feuilles d'Aulne	femelles de taille homogène et au même stade de mue

Les gammares sont encagés dans des cylindres en polypropylène (hauteur : 11 cm ; diamètre : 5 cm) percés au laser de trous de 500 μm de diamètre pour garantir une libre circulation de l'eau (Figure 2).

Les cages sont conditionnées dans des fûts contenant de l'eau de forage (Figure 3). Ces fûts sont transportés en glacière sur les sites d'étude et les gammars sont maintenus à une température égale à $10 \pm 4^\circ\text{C}$ et oxygénés avec des pompes autonomes d'aération (Figure 4).



Figure 2: Cylindres en polypropylène utilisés pour l'encagement de gammars



Figure 3 : Cages conditionnées en fûts de transport prêtes à l'envoi sur les sites d'étude



Figure 4 : Fûts de transport oxygénés et thermorégulés en glacière

Dans la rivière, les cages sont protégées par un système d'immersion (Figure 5). Celui-ci est placé dans le cours d'eau, face au courant, sans distinction de rives. Il est déposé directement sur le fond du cours d'eau ou à 30 cm maximum, au bout d'un câble relié à la rive en veillant à ce qu'il n'y ait pas de risque d'exondation. Le système d'immersion posé est exposé dans une zone à courant et est lesté pour éviter qu'il ne se retrouve hors d'eau(Figure 6).



Figure 5 : Transplantation *in situ* des cages sur site d'étude



Figure 6 : Système d'immersion contenant les cages de gammars

Les gammars des biotests d'alimentation et de neurotoxicité sont transplantés en rivière pendant 7 jours. Ceux du biotest de fécondité sont transplantés pendant une période comprise entre 14 et 21 jours selon la température. Le développement des embryons dépend de la température de la rivière. Le temps d'exposition est ainsi déterminé pour obtenir des embryons de stade 3 (Geffard *et al.*, 2010) en condition non contaminée.

Les gammars ont été nourris durant toute la durée des expérimentations *in situ* en plaçant dans chaque système des feuilles d'aulne (*A. glutinosa*, les mêmes que celles utilisées en laboratoire). Pour le bioessai d'alimentation, la quantité de nourriture est calibrée en plaçant des disques de feuilles d'aulne de surface précise.

Des sondes (Tinytag Aquatic 2 Logger®) fixées aux systèmes d'immersion ont assuré la mesure de la température toutes les heures, durant toute l'expérimentation, de la mise en cage jusqu'à l'échantillonnage des organismes, après retour au laboratoire.

Enfin, la température de l'eau, la conductivité, la concentration en oxygène et le pH ont été mesurés *in situ* à chaque intervention sur site (pose et récupérations des cages).

2.2.2. Test d'alimentation

La mesure de l'alimentation est basée sur l'étude de la consommation sur 20 disques de feuilles d'aulnes (*A. glutinosa*) pendant 7 jours par des gammars mâles de taille calibrée. Suite à l'exposition et la récupération des organismes, les individus vivants ont été comptés au laboratoire et les résidus de disques de feuille ont été échantillonnés et stockés dans un réfrigérateur pendant 6 mois maximum.

La surface des résidus a ensuite été photographiée, scannée et mesurée à l'aide d'un logiciel d'analyse d'image. Le taux d'alimentation est calculé à partir de la surface totale de disques consommée en mm², du taux de survie et de la température moyenne d'exposition. Le taux d'alimentation est exprimé en mm² consommés par jour et par gammare (mm²/j/individu) (Coulaud *et al.*, 2011).

Le taux d'alimentation est calculé à partir de 4 réplicats. La valeur moyenne est comparée à la valeur seuil de référence, correspondant à la consommation attendue en milieu non contaminé et pour les conditions de température observées sur la station de mesure (Coulaud *et al.*, 2011). Cette différence est exprimée en pourcentage d'inhibition (FI).

2.2.3. Test de neurotoxicité (acétylcholinestérase, AChE)

Le test de neurotoxicité est basé sur la mesure de l'activité acétylcholinestérase chez des gammars mâles de taille calibrée exposés pendant 7 jours. Suite à l'exposition, les organismes ont été poolés, disposés dans des cryotubes par lot de 5, pesés, puis congelés à l'azote liquide et stockés dans un congélateur -80°C. Les échantillons ont ensuite été broyés dans du tampon d'extraction. Les homogénats obtenus sont centrifugés à 9 000 x g durant 15 min, à 4 °C et le surnageant a été récupéré (i.e., fraction S9). Le dosage de l'activité AChE a été réalisé selon une méthode colorimétrique (Xuereb *et al.*, 2007). Les mesures d'activité ont été réalisées en microplaques de 96 puits. L'absorption du TNB formé au cours de la réaction est enregistrée toutes les 30 s durant 6 min à 25 °C à l'aide d'un spectrophotomètre. Seules les valeurs situées dans la phase d'augmentation linéaire de DO sont utilisées pour calculer la cinétique d'absorption (i.e., Δ absorbance). Des triplicats de mesures ont été effectués pour chaque échantillon testé. Lorsque le coefficient de variation entre triplicats est supérieur à 20 %, l'échantillon est analysé une nouvelle fois. La présence, dans la fraction S9, de composés possédant des groupements thiols est également systématiquement évaluée au moyen de blancs sans ester de thiocholine. Dans le cadre de cette étude, l'activité enregistrée dans les blancs a toujours été inférieure à 0.03 nmol.min⁻¹. La limite de détection des activités AChE chez *Gammarus*, selon la méthode décrite, est de 0.1 nmol.min⁻¹.

L'activité AChE est exprimée en nmol/min et correspond à la moyenne des valeurs obtenues pour chaque réplicat. Elle est ensuite comparée à la valeur de référence, qui correspond à l'activité attendue en milieu non contaminé (Xuereb *et al.*, 2007)

2.2.4. Test sur la fécondité

Après l'exposition, les embryons produits par chaque femelle ont été retirés manuellement de la poche ventrale (marsupium) à l'aide de pinces, puis placés sur une lame de verre afin d'être comptés sous loupe binoculaire (x30). La fécondité (nombre d'embryons produits) est normalisée par rapport à la taille des femelles et correspond à la moyenne des valeurs observées sur un site.

2.3. Jeu de données

Cent-dix stations ont été sélectionnées (Figure 7). Cette base de données est constituée de deux jeux de données :

- **Jeu A** : Quarante-huit stations, expérimentées dans le cadre de cette fiche-action 48 entre le 25 septembre 2017 et le 10 novembre 2017. Vingt-trois stations supplémentaires ont été expérimentées entre le 05 mars 2018 et fin juin 2018. Pour ces stations, seules les mesures de taux d'alimentation et d'activité acétylcholinestérase ont été réalisées.
- **Jeu B** : Trente-quatre stations ont été expérimentées dans le cadre de marchés réglementaires pour les agences de l'eau Rhône Méditerranée Corse et Rhin Meuse. Ces stations ont été expérimentées sur plusieurs campagnes de mesure, du 17 août 2017 au 06 décembre 2017. Au total, les résultats de ces différentes campagnes ont permis d'enrichir la base de donnée de 56 données. Sur ce jeu de données, l'ensemble des réponses biologiques, utilisées comme marqueurs de toxicité a été suivi.

Ces stations font partie, pour la plupart, des réseaux de contrôle de surveillance (RCS) et/ou des réseaux de contrôle opérationnel (RCO).

La dénomination et la localisation des stations sont synthétisés en Annexe A. Les caractéristiques

physico-chimiques des eaux de surface (date mesures, température, oxygène, pH et conductivité) sont présentées en annexe B.

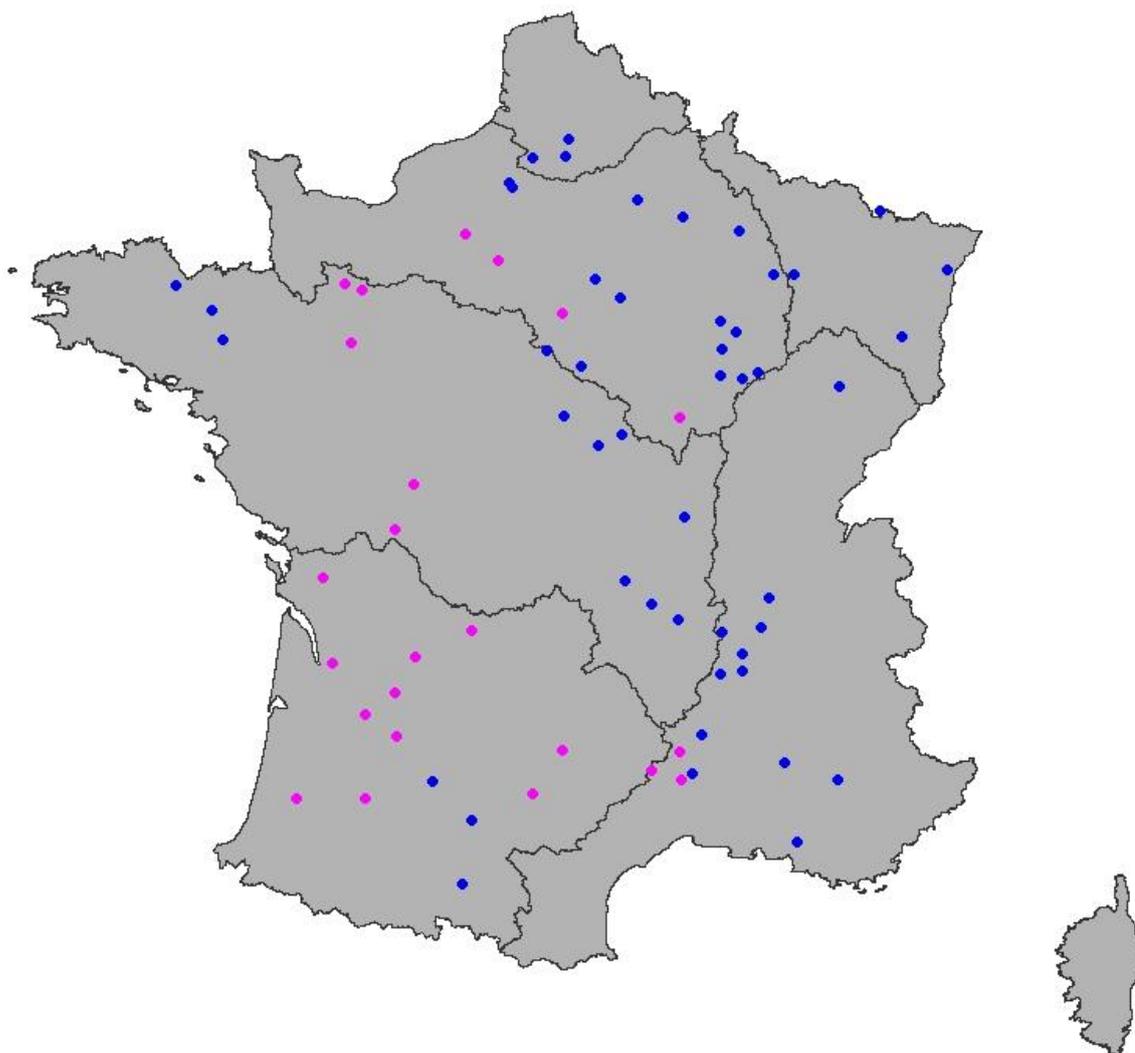


Figure 7 : Localisation géographique des sites retenus – Les points bleus et roses correspondent aux stations expérimentées respectivement en 2017 et 2018 dans le cadre de la fiche 48.

3. Résultats et Discussion

L'étude nationale affiche un excellent taux de récupération des systèmes d'encagement. En effet, l'ensemble des systèmes a pu être récupéré lors des différentes campagnes de mesure.

3.1. Test d'alimentation

A partir de la base de données construite, correspondant aux taux d'inhibition d'alimentation (FI) obtenus pour chacun des sites expérimentés, les valeurs seuils ont été déterminées de la façon suivante : les deux premiers seuils sont construits à l'aide de la fraction des données qui suit une distribution normale, de façon similaire à ce qui a été proposé pour les données d'accumulation de contaminants (Geffard *et al.*, 2014). Ces deux premiers seuils représentent les valeurs au-dessus desquelles un effet est significativement observé, avec un risque d'erreur de premier espèce de 5 et 1% respectivement. Ces seuils calculés sont respectivement de 20,6 et 29,1%, matérialisant les passages entre le bleu et le vert et entre le vert et le jaune respectivement (Figure 8). Les trois dernières classes, jaune, orange et rouge, ont été définies aux deux terciles des données dont les valeurs sont supérieures à la valeur seuil de 29,1% (Figure 8). Si on compare les résultats obtenus dans cette étude, on constate que la valeur seuil de 20,6% (passage du bleu au vert) est du même ordre que celle

définie par Coulaud *et al.*, (2011) au niveau de la région Rhône-Alpes, qui traduisait le seuil au-delà duquel l'inhibition d'alimentation était significative. Les valeurs seuils proposées sont présentées dans le Tableau 2.

Ainsi, le taux d'inhibition alimentaire observé chez des gammarus exposés dans le milieu pendant 7 jours sera classé de la façon suivante en terme d'impact :

- zone bleue : l'eau est non toxique ;
- zone vert : l'eau présente une contamination très faiblement toxique ;
- zone jaune : l'eau présente une contamination modérément toxique ;
- zone orange : l'eau présente une contamination fortement toxique ; et
- zone rouge : l'eau présente une contamination très fortement toxique.

Tableau 2 : Valeurs seuils de toxicité pour le biotest d'alimentation

Seuils	Valeurs seuils (% d'inhibition alimentaire)
Seuil 1	21
Seuil 2	30
Seuil 3	39
Seuil 4	46

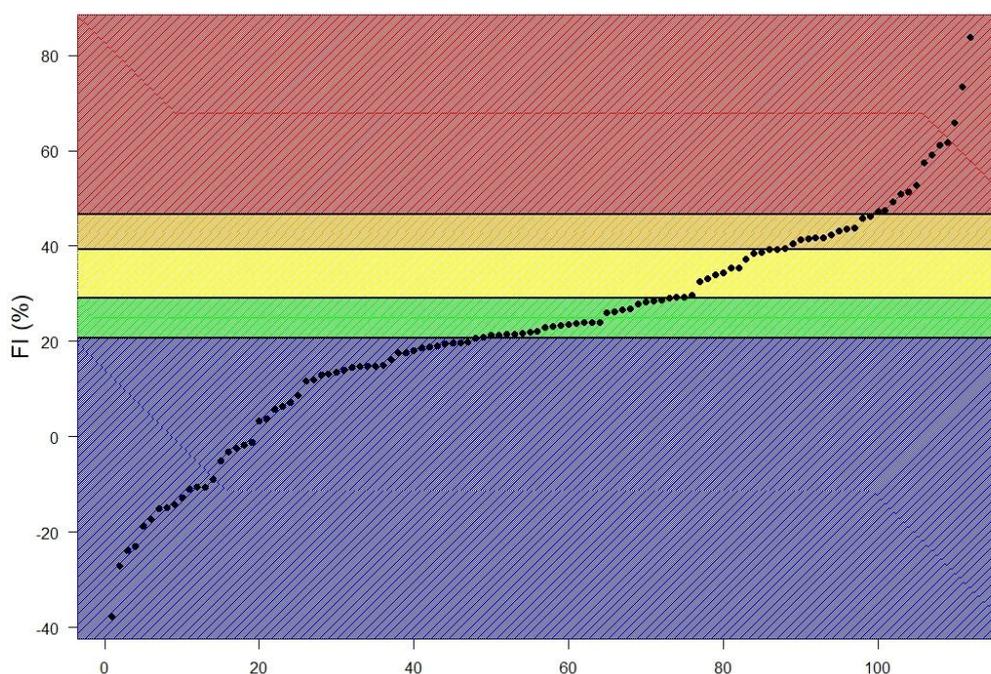


Figure 8 : Seuils et échelle de gravité pour le biotest d'alimentation - Sont présentées les valeurs d'inhibition alimentaire (FI) en % pour chaque station, triées par ordre croissant. Cette classification comprend 5 classes, avec un code couleur différent. Le passage d'une classe à une autre dépend des valeurs seuils déterminées (Tableau 2).

3.2. Test de neurotoxicité

Pour l'activité Ache et pour les deux premiers seuils, nous avons utilisé la même approche que celle pour l'alimentation, c'est-à-dire en se basant sur la portion de données qui suit une loi normale et s'en servir pour définir les valeurs au-delà desquelles un effet est significativement observé, avec un risque d'erreur de premier ordre de 5 et 1%. Ces seuils sont respectivement de 13 et 18%, matérialisant les passages entre le bleu et le vert et entre le vert et le jaune. La valeur seuil de 13%, obtenue pour une erreur de première espèce de 5%, est similaire à la valeur seuil définie chez *Gammarus fossarum* par

Xuereb *et al.*, (2007) à partir d'un suivi sur deux stations non contaminées, avec une valeur de 11%. Ces résultats montrent une nouvelle fois que les valeurs seuils précédemment définies au niveau régional sont similaires aux valeurs obtenues à l'aide de données obtenues au niveau national.

Pour les trois parties supérieures, et contrairement aux résultats sur le taux d'inhibition de l'alimentation, il n'a pas été possible d'appliquer les terciles par manque de données avec un pourcentage d'inhibition supérieur à 13% (Figure 9). Ce constat est en accord avec ce que l'on a pu observer lors de divers programmes ou études de suivi intégrant la mesure de l'activité AChE. Ce biomarqueur est extrêmement spécifique à la présence d'insecticides de type organophosphorés et carbamates, ce qui le rend très pertinent mais explique également qu'il est plus rarement modulé qu'un marqueur générique comme le taux d'alimentation. Pour cela, nous sommes revenus sur des données obtenues lors de projets antérieurs et notamment dans le cadre du programme ecophyto (le Dréau et al 2015). Ainsi, pour la plus forte valeur seuil, matérialisant le passage en couleur rouge, nous lui avons attribué la valeur de 40% qui est l'inhibition la plus forte observée lors de ces projets sur le terrain, sachant qu'au laboratoire, des inhibitions allant jusqu'à 80% ont été obtenues lors d'exposition à des molécules modèles. Enfin la valeur seuil correspondant au passage au de la couleur jaune à orange a été fixée à 29%, correspondant à la moyenne entre le seuil 2 et le seuil 4. Le Tableau 3 présente les valeurs seuils proposées dans cette étude. Toutefois, les valeurs seuils 3 et 4 doivent être prises avec précaution au regard des données disponibles. Les valeurs seuils de 13 (seuil 1) et 18% (seuil 2) sont robustes au regard des données et des informations antérieures, les deux autres demandent à être confortées *via* la construction d'un plus grand jeu de données, intégrant notamment plus de sites impactés.

Ainsi, la grille proposée pour la lecture des niveaux d'activité Ache observés chez les gammarès exposés dans le milieu pendant 7 jours est :

- zone bleue : l'eau n'est pas impactée par des insecticides anticholinestérasiques ;
- zone vert : l'eau est très faiblement impactée par des insecticides anticholinestérasiques;
- zone jaune : l'eau est modérément impactée par des insecticides anticholinestérasiques ;
- zone orange : l'eau est fortement impactée par des insecticides anticholinestérasiques; et
- zone rouge : l'eau est très fortement impactée par des insecticides anticholinestérasiques.

Tableau 3 : Valeurs seuils de toxicité pour le biotest Ache

Seuils	Valeurs seuils (% d'inhibition AChE)
Seuil 1	13
Seuil 2	18
Seuil 3	29
Seuil 4	40

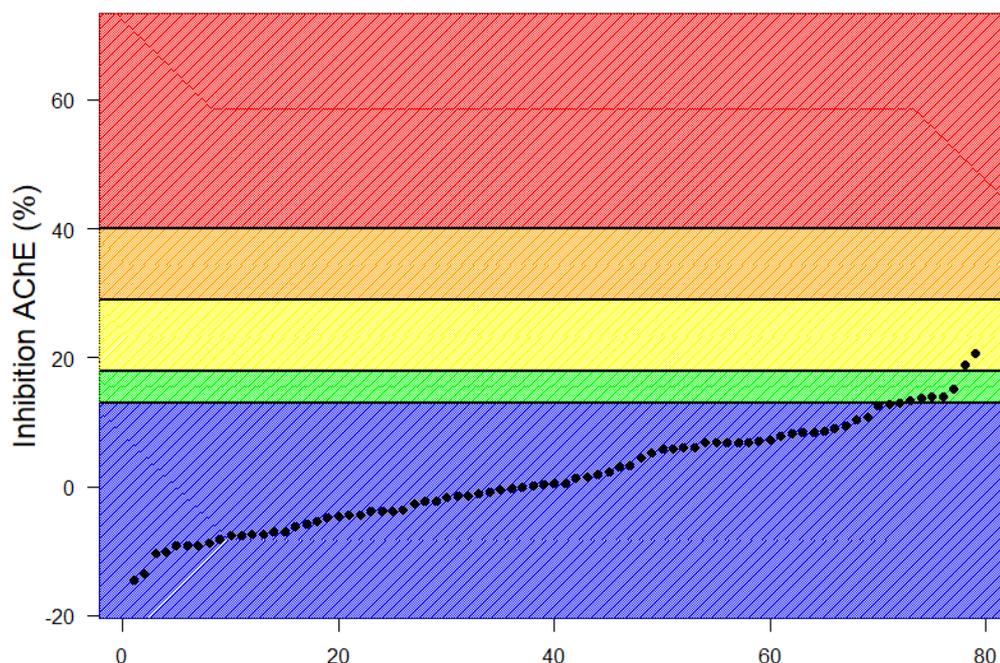


Figure 9 : Seuils et échelle de gravité pour le biotest de neurotoxicité - Sont présentées les valeurs d'inhibition de l'activité AChE en % pour chaque station, triées par ordre croissant. Cette classification comprend 5 classes, avec un code couleur différent. Le passage d'une classe à une autre dépend des valeurs seuils déterminées précédemment (Tableau 3).

3.2.1. Test sur la fécondité

Pour le test sur la fécondité, les données obtenues ont permis d'appliquer exactement la même démarche que celle utilisée pour l'inhibition de l'alimentation. Le classement par ordre croissant des données d'inhibition de fécondité obtenues dans ce présent travail sont présentées dans la Figure 10. Les deux premiers seuils représentent les valeurs au-dessus desquelles un effet est significativement observé, avec un risque d'erreur de premier espèce de 5 et 1%. Ces seuils sont respectivement de 13 et 18,5%, matérialisant les passages entre le bleu et le vert et entre le vert et le jaune (Figure 10). Les trois dernière partie, jaune, orange et rouge ont été construites à l'aide de deux valeurs seuils correspondant au terciles des données dont les valeurs sont supérieures à la valeur seuil de 18,5%. Comme le montre la Figure 10, le nombre de données au-dessus du seuil 2 (18%) est faible, par conséquent la robustesse des seuils 2 et 3 devra être confirmée dans les prochains mois à parti des données qui seront acquises notamment via les agences à partir de 2019. Les valeurs seuils proposées sont présentées dans le *Tableau 4*.

Ainsi, le taux d'inhibition de la fécondité observé chez les gammarex exposés dans le milieu sera classé de la façon suivante en terme d'impact :

- zone bleue : l'eau est non toxique ;
- zone vert : l'eau présente une contamination très faiblement toxique ;
- zone jaune : l'eau présente une contamination modérément toxique ;
- zone orange : l'eau présente une contamination fortement toxique ; et
- zone rouge : l'eau présente une contamination très fortement toxique.

Tableau 4 : Valeurs seuils de toxicité pour le biotest de fécondité

Seuils	Valeurs seuils (% d'inhibition de la fécondité)
Seuil 1	13
Seuil 2	18
Seuil 3	22

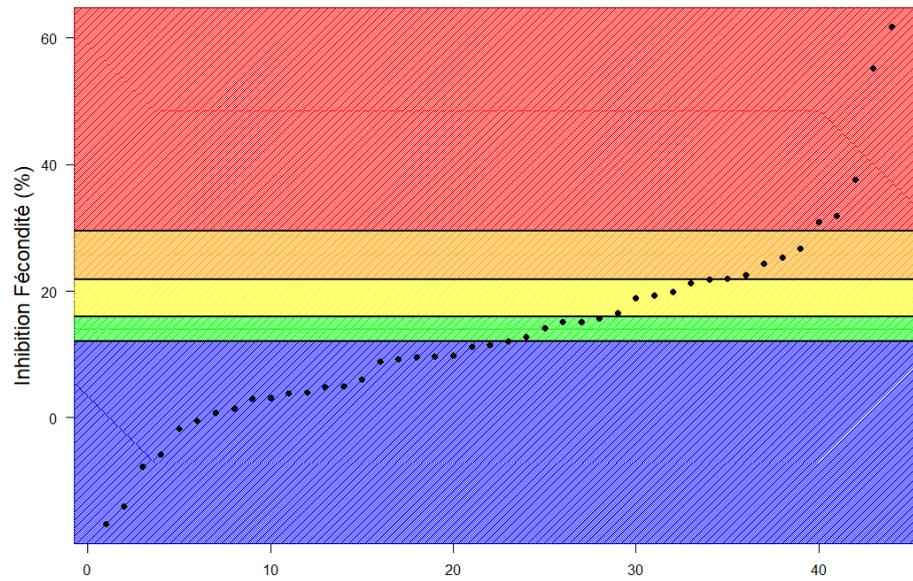


Figure 10 : Seuils et échelle de gravité pour le biotest de fécondité - Sont présentées les valeurs d'inhibition de la fécondité en % pour chaque station, triées par ordre croissant. Cette classification comprend 5 classes, avec un code couleur différent. Le passage d'une classe à une autre dépend des valeurs seuils déterminées précédemment (Tableau 4).

4. Glossaire

BBAC : Valeur seuil de contamination biodisponible (ou Bioavailable Background Assessment Concentration)

DCE : Directive cadre sur l'eau (Directive 2000/60/CE)

5. Bibliographie

- Besse, J.P., Geffard, O., Coquery, M. (2011). Développement d'une méthodologie pour l'amélioration du suivi chimique des eaux continentales - Etat de l'art sur les approches de biosurveillance et application dans le cadre de la DCE. Cemagref-Irstea/Onema, 100 p.
- Besse, J.-P., Coquery, M., Lopes, C., Chaumot, A., Geffard, O. (2012a). Développement d'une méthodologie pour l'amélioration du suivi chimique des eaux continentales – Approche de biosurveillance active sur *Gammarus fossarum*. Irstea/Onema, 65 p.
- Besse, J.P., Geffard, O., Coquery, M. (2012b). Relevance and applicability of active biomonitoring in continental waters under the Water Framework Directive. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry* 36, 113-127.
- Besse, J.-P., Coquery, M., Lopes, C., Chaumot, A., Budzinski, H., Labadie, P., Geffard, O. (2013). Caged *Gammarus fossarum* (Crustacea) as a robust tool for the characterization of bioavailable contamination levels in continental waters: Towards the determination of threshold values. *Water Research* 47, 650-660.
- Chabanne, Q., Chaumot, A., Coquery, M., Francois, A., Geffard, O., Lebrun, J.D., Noury, P., Queau, H., Recoura-Massaquant, R., Urien, N., Vigneron, A. 2015. Développement d'une méthodologie pour l'amélioration du suivi chimique des eaux continentales - Proposition d'indicateurs chimiques et toxicologiques utilisant le gammare : importance de l'espèce et de la population utilisée. 41 p.
- Chaumot A., Coulaud R. Lopes C., Queau H, François A., Geffard O. 2013. Modélisation pour l'interprétation des réponses individuelles mesurées lors de tests de toxicité *in situ*. 29 p.
- Coulaud R., Geffard O., Xuereb B., Lacaze E., Quéau H., Garric J., Charles S., Chaumot A. 2011. *In situ* feeding assay with *Gammarus fossarum* (Crustacea): modelling the influence of confounding factors to improve water quality biomonitoring. *Water Research* 45(19): 6417-6429.
- Geffard, O., Besse, J.P., Chaumot, A., Francois, A., Gahou, J., Grisot, G., Lopes, C., Recoura-Massaquant, R., Coquery, M. 2014. Développement d'une méthodologie pour l'amélioration du suivi chimique des eaux continentales. Rapport de synthèse de l'étude pilote : déploiement de l'outil gammare engagé au niveau national, résultats pour les métaux ciblés. 60 p.
- Geffard O., Xuereb B., Chaumot A., Geffard A., Biagianti S., Noël C., Abbaci K., Garric J., Charmantier G., Charmantier-Daures M. 2010. Ovarian Cycle and Embryonic Development in *Gammarus fossarum*: Application for Reproductive Toxicity Assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29 (10): 2249-2259.
- Le Dréau M., Chaumot A., Foulquier A., François A., Geffard O., Margoum C., Pesce S., Martin C., Mazzella N., Gouy V. 2015. Mise en application et évaluation d'outils intégratifs chimiques et biologiques pour mesurer l'impact des produits phytosanitaires sur les cours d'eau Convention Ecophyto 2012-2015 Irstea-Onema.
- Recour-Massaquant, R., Geffard, O., Besse, J.P., Chaumot, A., Francois, A., Lopes, C., Miegé, C., Roussel-Galle, A., Serveto, F., Coquery, M. 2014. Développement d'une méthodologie pour l'amélioration du suivi chimique des eaux continentales. Rapport de synthèse de l'étude pilote : déploiement de l'outil gammare engagé au niveau national, résultats pour les substances organiques ciblées. 66 p.
- Xuereb B, Noury P, Felten V, Garric J, Geffard O. 2007. Cholinesterase activity in *Gammarus pulex* (Crustacea Amphipoda): Characterization and effects of chlorpyrifos. *Toxicology*, 236: 178-189.

Xuereb B, Chaumot A, Mons R, Garric J, Geffard O. 2009. Acetylcholinesterase activity in *Gammarus fossarum* (Crustacea Amphipoda): Intrinsic variability, reference levels, and a reliable tool for field surveys. *Aquatic Toxicology*, 93: 225-233.

6. Table des illustrations

Figure 1 : Localisation du site de production à St Maurice de Rémens.....	14
Figure 2: Cylindres en polypropylène utilisées pour l'encagement de gammares.....	15
Figure 3 : Cages conditionnées en fûts de transport prêtes à l'envoi sur les sites d'étude	15
Figure 4 : Fûts de transport oxygénés et thermorégulés en glacière.....	15
Figure 5 : Transplantation <i>in situ</i> des cages sur site d'étude	15
Figure 6 : Système d'immersion contenant les cages de gammares	15
Figure 7 : Localisation géographique des sites retenus – Les points bleus et roses correspondent aux stations expérimentées respectivement en 2017 et 2018 dans le cadre de la fiche 48.	17
Figure 8 : Seuils et échelle de gravité pour le biotest d'alimentation - Sont présentées les valeurs d'inhibition alimentaire (FI) en % pour chaque station, triées par ordre croissant. Cette classification comprend 5 classes, avec un code couleur différent. Le passage d'une classe à une autre dépend des valeurs seuils déterminées (Tableau 2).	18
Figure 9 : Seuils et échelle de gravité pour le biotest de neurotoxicité - Sont présentées les valeurs d'inhibition de l'activité AChE en % pour chaque station, triées par ordre croissant. Cette classification comprend 5 classes, avec un code couleur différent. Le passage d'une classe à une autre dépend des valeurs seuils déterminées précédemment (Tableau 3).	20
Figure 10 : Seuils et échelle de gravité pour le biotest de fécondité - Sont présentées les valeurs d'inhibition de la fécondité en % pour chaque station, triées par ordre croissant. Cette classification comprend 5 classes, avec un code couleur différent. Le passage d'une classe à une autre dépend des valeurs seuils déterminées précédemment (Tableau 4).	21
Tableau 1 : Contenu des cages pour les différents bioessais.....	14
Tableau 2 : Valeurs seuils de toxicité pour le biotest d'alimentation	18
Tableau 3 : Valeurs seuils de toxicité pour le biotest Ache.....	19
Tableau 4 : Valeurs seuils de toxicité pour le biotest de fécondité	20

7. Annexe 1 : Liste des stations expérimentées. # : jeux de données

#	Point de mesure	Code Agence	Latitude	Longitude	Dates lancement	Dates récupération	Biotests
A	BOURBINCE à VITRY-EN-CHAROLLAIS	04019700	46.471832	4.0784464	25/09/2017	02/10/2017	Alimentation, AChE
A	VAUVISE à JUSSY-LE-CHAUDRIER	04046545	47.12951	2.9308863	25/09/2017	02/10/2017	Alimentation, AChE
A	NIEVRE à DOMPIERRE-SUR-NIEVRE	04025040	47.236317	3.2504547	25/09/2017	02/10/2017	Alimentation, AChE
A	LAYON à IVOY-LE-PRE	04068483	47.402149	2.477472	25/09/2017	02/10/2017	Alimentation, AChE
A	OUSSANCE à INGRANNES	04050100	47.99637	2.2273812	26/09/2017	03/10/2017	Alimentation, AChE
A	LE PUISEUX A NOGENT-SUR-VERNISSON	03052338	47.859066	2.713037	26/09/2017	03/10/2017	Alimentation, AChE
A	LE RUISSEAU DES MÉANCES A CHALMAISON	03013345	48.48628	3.238589	26/09/2017	03/10/2017	Alimentation, AChE
A	L'YERRES A COURTOMER	03078110	48.64846	2.901115	26/09/2017	03/10/2017	Alimentation, AChE
A	LA VESLE A CHASSEMY	03162000	49.37418	3.4796364	26/09/2017	03/10/2017	Alimentation, AChE
A	LA VESLE A TAISSY	03160000	49.215717	4.095243	27/09/2017	04/10/2017	Alimentation, AChE
A	L'AUBE A AUBERIVE	03014130	47.777332	5.0805297	27/09/2017	04/10/2017	Alimentation, AChE
A	L'AUVE A SAINTE-MENEHOULD	03145880	49.080105	4.886781	27/09/2017	04/10/2017	Alimentation, AChE
A	L'ORNAIN A GIVRAUVAL	03099490	48.666473	5.335335	27/09/2017	04/10/2017	Alimentation, AChE
A	LA MEHOLLE À VOID-VACON	02107900	48.66471	5.6113048	27/09/2017	04/10/2017	Alimentation, AChE
A	LE LANDION A ARGANCON	03016840	48.25226	4.6045675	27/09/2017	04/10/2017	Alimentation, AChE
A	L'AUJON A LONGCHAMP-SUR-AUJON	03022000	48.153988	4.8046193	28/09/2017	05/10/2017	Alimentation, AChE
A	L'OURCE A AUTRICOURT	03006590	47.998886	4.6149087	28/09/2017	05/10/2017	Alimentation, AChE
A	LA SEINE A NOD-SUR-SEINE	03001000	47.7644	4.570663	28/09/2017	05/10/2017	Alimentation, AChE
A	LA GROÈME A TERREFONDREE	03006271	47.729065	4.864727	28/09/2017	05/10/2017	Alimentation, AChE
A	BEDAT à SAINT-LAURE	04034650	45.899994	3.2942417	25/09/2017	02/10/2017	Alimentation, AChE
A	DORE à OLLIERGUES	04037900	45.674736	3.632543	25/09/2017	02/10/2017	Alimentation, AChE
A	MARE à GUMIERES	04009250	45.535095	3.9668605	25/09/2017	02/10/2017	Alimentation, AChE
A	GIER A LA-VALLA-EN-GIER	06820138	45.413162	4.5365863	25/09/2017	02/10/2017	Alimentation, AChE
A	VAREZE A COUR-ET-BUIS	06820073	45.441975	5.0464907	25/09/2017	02/10/2017	Alimentation, AChE
A	BOURBRE A TIGNIEU-JAMEYZIEU	06082500	45.71573	5.1595016	25/09/2017	02/10/2017	Alimentation, AChE
A	CANCE A SARRAS 1	06103500	45.205708	4.7868633	25/09/2017	02/10/2017	Alimentation, AChE
A	DOUX A LABATIE-D'ANDAURE 1	06105568	45.029343	4.4943047	25/09/2017	02/10/2017	Alimentation, AChE
A	BAUME A ROSIERES	06580238	44.482113	4.2498803	25/09/2017	02/10/2017	Alimentation, AChE
A	AVENE A ST-PRIVAT-DES-VIEUX	06127900	44.129036	4.1334844	25/09/2017	02/10/2017	Alimentation, AChE
A	RUISSEAU DE LUYNES A AIX-EN-PROVENCE	06194000	43.478874	5.42313	26/09/2017	03/10/2017	Alimentation, AChE
A	DURANCE A LES-MEES	06159000	44.034847	5.960746	26/09/2017	03/10/2017	Alimentation, AChE
A	TOULOURENC A ST-LEGER-DU-VENTOUX	06710039	44.205585	5.2854266	26/09/2017	03/10/2017	Alimentation, AChE
A	DOUX A ST-JEAN-DE-MUZOLS	06106030	45.06012	4.7768073	26/09/2017	03/10/2017	Alimentation, AChE

#	Point de mesure	Code Agence	Latitude	Longitude	Dates lancement	Dates récupération	Biotests
A	L'Aussonnelle à Seilh	05158700	43.6965146	1.3584008	19/10/2017	26/10/2017	Alimentation, AChE
A	L'Arrats à St Antoine	05118000	44.04134	0.852059	19/10/2017	26/10/2017	Alimentation, AChE
A	Le Montbrun à Montbrun-Bocage	05176100	43.105175	1.247642	19/10/2017	26/10/2017	Alimentation, AChE
A	DURGEON A VESOUL	06416300	47.62483	6.1664042	16/10/2017	23/10/2017	Alimentation, AChE
A	LA PETITE-FECHT À STOSSWIHR (B)	02018780	48.053814	7.055332	17/10/2017	24/10/2017	Alimentation, AChE
A	LA SOUFFEL À MUNDOLSHEIM	02037500	48.640285	7.726341	18/10/2017	25/10/2017	Alimentation, AChE
A	LA ROSSELLE A PETITE-ROSSELLE	02103800	49.211372	6.8358426	18/10/2017	25/10/2017	Alimentation, AChE
A	L'ANCRE À BONNAY	01133000	49.933453	2.5139782	20/10/2017	27/10/2017	Alimentation, AChE
A	L'AVRE À MOREUIL	01134500	49.771942	2.4760053	20/10/2017	27/10/2017	Alimentation, AChE
A	MÉSANGUEVILLE A DAMPIERRE-EN-BRAY	03174695	49.5330339	1.6867269	20/10/2017	27/10/2017	Alimentation, AChE
A	Les Evoissons à Bergicourt	01138300	49.750046	2.0224593	20/10/2017	27/10/2017	Alimentation, AChE
A	LE RUISSEAU D'AUCHY A FERRIERES-EN-BRAY	03174825	49.480766	1.7415013	20/10/2017	27/10/2017	Alimentation, AChE
A	AFF à PAIMPONT	04199370	47.981247	-2.158492	03/11/2017	10/11/2017	Alimentation, AChE
A	GOUET à SAINT-JULIEN	04170500	48.447094	-2.8331308	03/11/2017	10/11/2017	Alimentation, AChE
A	RANCE à EREAC	04164758	48.252415	-2.3336055	03/11/2017	10/11/2017	Alimentation, AChE
A	CLAIN A NAINTRÉ	04085500	46.752987	0.49901274	05/03/2018	12/03/2018	Alimentation, AChE
A	CLAIN A ANCHE	04082550	46.32367	0.27173778	05/03/2018	12/02/2018	Alimentation, AChE
A	Le Bramerit en aval de Grandjean (Lieu-dit Chez Ferret)	05006880	45.86426	-0.6448133	06/03/2018	13/03/2018	Alimentation, AChE
A	L'Auvézère à Ségur-le-Château	05042080	45.428616	1.3077888	06/03/2018	13/03/2018	Alimentation, AChE
A	L'Isle à Razac	05039000	45.172287	0.5929563	06/03/2018	13/03/2018	Alimentation, AChE
A	Le Colinet (Soptier) en aval de Cézac	05025830	45.091183	-0.46659195	07/03/2018	14/03/2018	Alimentation, AChE
A	La Dordogne en aval de Bergerac (Pont de la D4)	05047000	44.83911	0.33283138	07/03/2018	14/03/2018	Alimentation, AChE
A	Le Dropt à Loubens	05079100	44.632185	-0.030444	07/03/2018	14/03/2018	Alimentation, AChE
A	Le Tolzac à Varès	05083585	44.440334	0.38743603	07/03/2018	14/03/2018	Alimentation, AChE
A	Le Luzou à Bégaar	05223210	43.827003	-0.85709596	07/03/2018	14/03/2018	Alimentation, AChE
A	Le Bergon au niveau de Réans	05228500	43.8638	0.014694147	08/03/2018	15/03/2018	Alimentation, AChE
A	Le Tarn à l'aval d'Albi (Ponton de l'Aviron club)	05142100	43.944813	2.120849	08/03/2018	15/03/2018	Alimentation, AChE
A	L'Aveyron à Druelle	05127000	44.33802	2.4935522	08/03/2018	15/03/2018	Alimentation, AChE
A	AMOUS A GENERARGUES	06128860	44.073555	3.9833498	11/04/2018	18/04/2018	Alimentation, AChE
A	Le Tarnon en amont de Rousses	05151100	44.159646	3.6109219	11/04/2018	18/04/2018	Alimentation, AChE
A	LUECH A GENOLHAC	06118550	44.32408	3.9607859	11/04/2018	18/04/2018	Alimentation, AChE
A	Trinquelin à St Léger Vauban	03032240	47.3784419	4.0209532	12/06/2018	19/06/2018	AChE
A	Ru d'Ancoeil à Maisenay	03051500	48.333197287	2.442750983	12/06/2018	19/06/2018	AChE

#	Point de mesure	Code Agence	Latitude	Longitude	Dates lancement	Dates récupération	Biotest
A	Vesgre à St Lubin de la Haye	03190735	48.8165207	1.5629094	12/06/2018	19/06/2018	AChE
A	Iton à Normanville	03199200	49.044863283	1.090667869	12/06/2018	19/06/2018	AChE
A	Noireau à Berjou	03241957	48.512638458	-0.292025457	13/06/2018	20/06/2018	AChE
A	Soulevre à Carville	03250430	48.564929091	-0.5320354	13/06/2018	20/06/2018	AChE
A	Jouanne à Farce	04127000	48.02007975	-0.421899922	13/06/2018	20/06/2018	AChE
B	L'ILL A OBERHERGHEIM	02013000	47.958897	7.3949256	17/10/2017	24/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	L'ILL A COLMAR (MAISON ROUGE)	02018500	48.16849	7.426623	17/10/2017	24/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA PETITE-FECHT À STOSSWIHR (B)	02018780	48.053814	7.0553317	17/10/2017	24/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	L'ILL A HUTTENHEIM	02025500	48.35139	7.5752378	17/10/2017	24/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	L'ILL A LA-WANTZENAU	02038000	48.658295	7.848748	17/10/2017	24/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA CLEURIE À GERARDMER (LE BEILLARD)	02049785	48.082283	6.7813926	17/10/2017	24/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA SOUFFEL À MUNDOLSHEIM (AMONT) (RID67)	02037400	48.64333	7.7043066	18/10/2017	25/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA MOSELLE À SIERCK	02094900	49.448776	6.348067	18/10/2017	25/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA SARRE A SARRALTROFF	02095600	48.771263	7.062287	18/10/2017	25/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA SARRE A GROSBLIEDERSTROFF	02100150	49.140003	7.0447793	18/10/2017	25/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA ROSSELLE A PETITE-ROSSELLE	02103800	49.211376	6.83586	18/10/2017	25/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA MOSELLE À TONNOY	02056200	48.549854	6.246168	17/10/2017	24/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA MOSELLE À LIVERDUN	02060750	48.74547	6.064925	17/10/2017	24/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA MOSELLE À MILLERY	02075300	48.80765	6.117022	17/10/2017	24/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA MOSELLE À VANDIERES	02076800	48.954823	6.050728	17/10/2017	24/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA MEUSE A GONCOURT	02106600	48.241147	5.61455	17/10/2017	24/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA MEUSE A SAINT-MIHIEL	02109000	48.870293	5.540332	17/10/2017	24/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA MEUSE A SASSEY-SUR-MEUSE	02113000	49.411686	5.190925	18/10/2017	25/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA CHIERS A CARNIGNAN	02116000	49.65173	5.133545	18/10/2017	25/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA MEUSE A LUMES	02118000	49.73836	4.7754073	18/10/2017	25/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA MEUSE À NOUZONVILLE	02119000	49.817696	4.7424264	18/10/2017	25/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA HOUILLE A FROMELENNES	02123500	50.12864	4.840766	18/10/2017	25/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LA MEUSE A GIVET	02124000	50.14165	4.833919	18/10/2017	25/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	L'ILL A OBERHERGHEIM	02013000	47.9676419	7.3985686	21/11/2017	28/11/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	L'ILL A COLMAR (MAISON ROUGE)	02018500	48.1508548	7.4228449	21/11/2017	28/11/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	L'ILL A LA-WANTZENAU	02038000	48.6546041	7.830923	21/11/2017	28/11/2017	Alimentation, AChE, fécondité

#	Point de mesure	Code Agence	Latitude	Longitude	Dates lancement	Dates récupération	Biotest
B	LA THUR A STAFFELFELDEN	02010000	47.8272663	7.264913	20/11/2017	27/11/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	ISERE A GRESY-SUR-ISERE	06137200	45.5840341	6.2701536	17/08/2017	24/08/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	VALSERINE A MONTANGES	06580130	46.15031	5.8039922	17/08/2017	24/08/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	SAONE A LYON 1	06059500	45.79724	4.832414	03/10/2017	10/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	SAONE A ST-SYMPHORIEN-D'ANCELLES	06810010	46.191616	4.7835703	03/10/2017	10/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	DOUBS A THORAISE 1	06029100	47.175617	5.904706	03/10/2017	10/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	HERAULT A BRISSAC 1	06182050	43.844064	3.7007187	03/10/2017	10/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	CEZE A ROBIAC-ROCHESSADOULE	06118600	44.281925	4.1263638	03/10/2017	10/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LUECH A GENOLHAC	06118550	44.3240305	3.9608982	03/10/2017	10/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	CADIERE A MARIGNANE 1	06196950	43.41221	5.1994286	04/10/2017	11/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	DURANCE A VINON-SUR-VERDON	06159800	43.768898	5.789632	04/10/2017	11/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	ISERE A GRESY-SUR-ISERE	06137200	45.58424	6.269769	07/09/2017	14/09/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	VALSERINE A MONTANGES	06580130	46.150143	5.8042817	07/09/2017	14/09/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	SAONE A LYON 1	06059500	45.7965388	4.8319057	24/10/2017	31/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	SAONE A ST-SYMPHORIEN-D'ANCELLES	06810010	46.19161	4.7835193	24/10/2017	31/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	DOUBS A THORAISE 1	06029100	47.175556	5.9047146	24/10/2017	31/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	HERAULT A BRISSAC 1	06182050	43.844387	3.7017221	24/10/2017	31/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	CEZE A ROBIAC-ROCHESSADOULE	06118600	44.26597	4.1542635	24/10/2017	31/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LUECH A GENOLHAC	06118550	44.325706	3.971856	24/10/2017	31/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	CADIERE A MARIGNANE 1	06196950	43.412144	5.1993327	25/10/2017	01/11/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	DURANCE A VINON-SUR-VERDON	06159800	43.76896	5.7895756	25/10/2017	01/11/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	ISERE A GRESY-SUR-ISERE	06137200	45.5840341	6.2701536	28/09/2017	05/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	VALSERINE A MONTANGES	06580130	46.15031	5.8039922	28/09/2017	05/10/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	SAONE A LYON 1	06059500	45.7965388	4.8319057	14/11/2017	21/11/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	SAONE A ST-SYMPHORIEN-D'ANCELLES	06810010	46.191643	4.7835355	14/11/2017	21/11/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	DOUBS A THORAISE 1	06029100	47.175583	5.9046206	14/11/2017	21/11/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	HERAULT A BRISSAC 1	06182050	43.844463	3.7016683	14/11/2017	21/11/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	CEZE A ROBIAC-ROCHESSADOULE	06118600	44.28195	4.1259575	14/11/2017	21/11/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	LUECH A GENOLHAC	06118550	44.323765	3.9602666	14/11/2017	21/11/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	CADIERE A MARIGNANE 1	06196950	43.412148	5.199482	15/11/2017	22/11/2017	Alimentation, AChE, fécondité
B	DURANCE A VINON-SUR-VERDON	06159800	43.768906	5.789607	15/11/2017	22/11/2017	Alimentation, AChE, fécondité

8. Annexe 2 : Conditions physico-chimiques des stations expérimentées lors des interventions à J0 et J7 pour le jeu de données A

Code Agence	Station de mesure	Température		Conductivité		Oxygène		pH (unité pH)		Date
		J0	J7	J0	J7	J0	J7	J0	J7	
04019700	BOURBINCE à VITRY-EN-CHAROLLAIS	15,8	15,8	408	432	10,9	9,4	7,7	7,8	sept-2017
04046545	VAUVISE à JUSSY-LE-CHAUDRIER	14,9	15,8	539	517	6,35	7,2	7,5	7,7	sept-2017
04025040	NIEVRE à DOMPIERRE-SUR-NIEVRE	13,5	13,9	420	420	10,5	9,5	7,9	8	sept-2017
04068483	LAYON à IVOY-LE-PRE	13,1	13,8	68,3	61	9,7	9,8	7,5	7,8	sept-2017
04050100	OUSSANCE à INGRANNES	13,4	13,8	454	425	7,4	4,6	7,4	7,3	sept-2017
03052338	LE PUISEUX A NOGENT-SUR-VERNISSON	14,6	15,8	196	178	3,7	4,5	7	7,1	sept-2017
03013345	LE RUISSEAU DES MÉANCES A CHALMAISON	14,2	14,4	732	697	8,6	8,4	7,7	7,7	sept-2017
03078110	L'YERRES A COURTOMER	15,2	15,3	744	698	10,4	9,6	8,2	8,1	sept-2017
03162000	LA VESLE A CHASSEMY	14,6	15,2	785	706	10	9,1	8,1	7,8	sept-2017
03160000	LA VESLE A TAISSY	12,8	12,3	573	563	8,4	8,4	7,7	7,7	sept-2017
03014130	L'AUBE A AUBERIVE	14,8	12,1	413	441	10,4	10,2	8,2	8,1	sept-2017
03145880	L'AUVE A SAINTE-MENEHOULD	12,4	11,5	584	584	9,2	8,8	8	7,9	sept-2017
03099490	L'ORNAIN A GIVRAUVAL	13,3	12,2	531	536	10,6	10,2	8,2	8,2	sept-2017
02107900	LA MEHOLLE À VOID-VACON	13,5	12	510	503	12,7	12,1	8,1	8,2	sept-2017
03016840	LE LANDION A ARGANCON	15,7	13,8	573	570	10,8	11,2	8	7,9	sept-2017
03022000	L'AUJON A LONGCHAMP-SUR-AUJON	13,5	12	506	517	9,5	9,7	8	8	sept-2017
03006590	L'OURCE A AUTRICOURT	13,6	10,9	484	488	9,4	9,7	8,1	8	sept-2017
03001000	LA SEINE A NOD-SUR-SEINE	15,3	12,8	409	421	10	9,6	8,2	8,2	sept-2017
03006271	LA GROËME A TERREFONDREE	12,4	10,1	518	547	10,6	10,3	7,8	7,8	sept-2017
04034650	BEDAT à SAINT-LAURE	14,2	14,8	757	730	10,03	9,3	7,65	8,2	sept-2017
04037900	DORE à OLLIERGUES	13,3	13,9	203	198	10,59	10,4	7,7	7,8	sept-2017
04009250	MARE à GUMIERES	8,8	10	53	53	10,4	10,2	7,4	7,4	sept-2017
06820138	GIER À LA-VALLA-EN-GIER	12,8	12,8	67	66,6	9,52	10,1	7,23	6,9	sept-2017
06820073	VAREZE A COUR-ET-BUIS	13,7	13,8	404	409	9,85	10,2	7,7	8,2	sept-2017
06082500	BOURBRE A TIGNIEU-JAMEYZIEU	15,9	15,8	727	686	11,1	10,6	7,74	8	sept-2017
06103500	CANCE A SARRAS 1	13,6	14,4	648	716	10	9,7	7,8	8,1	sept-2017
06105568	DOUX A LABATIE-D'ANDAURE 1	13,7	13,4	63	64	9,92	9,7	7,7	8,6	sept-2017
06580238	BAUME A ROSIERES	19	18,5	167	154	9,9	10	8,1	7,9	sept-2017
06127900	AVENE A ST-PRIVAT-DES-VIEUX	17,8	17,8	2010	1855	11,2	11,7	8,4	8,4	sept-2017
06194000	RUISSEAU DE LUYNES A AIX-EN-PROVENCE	19,6	19,3	710	1240	9,3	9,05	8,1	7,6	sept-2017
06159000	DURANCE A LES-MEES	16,5	15,2	456	473	10,6	9,29	8,4	na	sept-2017
06710039	TOULOURENC A ST-LEGER-DU-VENTOUX	15,2	14	333	351	9,6	10,2	8,2	na	sept-2017
06106030	DOUX A ST-JEAN-DE-MUZOLS	19,4	18,8	132	137	9,4	7,64	8,1	na	sept-2017
05158700	L'Aussonnelle à Seilh	17,1	14,6	654	657	7,8	9,3	8,1	8,2	oct-2017
05118000	L'Arrats à St Antoine	17,1	14,2	375	370	8,6	9,1	8,1	8	oct-2017
05176100	Le Montbrun à Montbrun-Bocage	13,5	10,1	290	261	8,2	8,3	8	8,1	oct-2017
06416300	DURGEON A VESOUL	13,1	12	820	940	6,9	4,8	7,9	7,8	oct-2017
02018780	LA PETITE-FECHT À STOSSWIHR (B)	10	8,7	48	38	10,9	11,2	7,8	8	oct-2017
02037500	LA SOUFFEL À MUNDOLSHEIM	11,3	12,8	1184	1019	4,8	5,4	8	7,9	oct-2017
02103800	LA ROSSELLE A PETITE-ROSSELLE	13,8	14,3	1802	1712	4,6	5	7,9	7,8	oct-2017
01133000	L'ANCRE À BONNAY	13,3	12,8	638	628	9,23	9,02	8,07	8,01	oct-2017
01134500	L'AVRE À MOREUIL	13,6	12,08	672	680	9,28	9,05	8,11	8,11	oct-2017
03174695	MÉSANGUEVILLE A DAMPIERRE-EN-BRAY	12,6	13,3	428	385	5,01	6,41	7,57	7,48	oct-2017
01138300	Les Evoissons à Bergicourt	11,8	11,8	591	597	10,8	9,94	8,21	8,17	oct-2017
03174825	LE RUISSEAU D'AUCHY A FERRIERES-EN-BRAY	15,7	15,8	1593	1525	5,75	6,71	8,12	8,22	oct-2017
04199370	AFF à PAIMPONT	10,7	8,2	146	143,6	5,34	8,1	6,33	6,68	nov-2017
04170500	GOUET à SAINT-JULIEN	10,2	8,1	257	251	10,67	11,45	7,77	7,72	nov-2017
04164758	RANCE à EREAC	10,7	8,9	876	695	9,82	10,62	7,5	8,08	nov-2017
04085500	CLAIN A NAINTRE	8,8	11,6	570	514	12,1	11,3	8,1	8,1	mars-2018
04082550	CLAIN A ANCHE	9,8	12	457	445	11,1	10,8	8,1	7,8	mars-2018
05006880	Le Bramerit en aval de Grandjean	10,4	10,6	691	695	10,89	11,1	8,1	7,8	mars-2018
05042080	L'Auvézère à Ségur-le-Chateau	8,2	9,2	117	103,5	11,9	11,9	7,8	7,6	mars-2018
05039000	L'Isle à Razac	9,4	11	292	271	11,7	11,6	8,1	7,6	mars-2018
05025830	Le Colinet (Soptier) en aval de Cézac	8,7	8,6	403	407	12	11,6	7,9	7,7	mars-2018
05047000	La Dordogne en aval de Bergerac (Pont de la D4)	7,8	9,5	167	199	13,3	12,6	8,4	8,1	mars-2018
05079100	Le Dropt à Loubens	9,3	11,1	619	616	12,5	12,1	8,9	8,2	mars-2018
05083585	Le Tolzac à Varès	8,9	10,8	552	688	11,9	11,3	8,1	8,2	mars-2018
05223210	Le Luzou à Bégaar	8,7	10,3	127	128,5	11,5	11	7,5	6,5	mars-2018
05228500	Le Bergon au niveau de Réans	8	10,1	320	374	11,5	10,6	7,5	7,2	mars-2018
05142100	Le Tam à l'aval d'Albi (Ponton de l'Aviron club)	8,1	9,7	283	218	12,7	11,9	8,1	7,4	mars-2018
05127000	L'Aveyron à Druelle	7,9	10,1	445	435	12,1	11,5	8,2	8	mars-2018
06128860	AMOUS A GENERARGUES	11,3	16,3	552	559	10,49	10,6	8,36	8,4	avr-2018
05151100	Le Tarnon en amont de Rousses	5,6	8,5	27,7	49	11	10,66	8,02	7,4	avr-2018
06118550	LUECH A GENOLHAC	7,2	9,6	27,6	35,6	11,46	11,2	7,87	7,8	avr-2018

9. Annexe 2 : Conditions physico-chimiques des stations expérimentées lors des interventions à J0 et J7 pour le jeu de données B – La température correspond au données des chroniques de température des sondes immergées tout le long des expérimentations

Code Agence	Station de mesure	Température (°C)			Conductivité			Oxygène (mg/L)			pH (unité pH)			Date
		Min	Moy	Max	J0	J7	JN	J0	J7	JN	J0	J7	JN	
02013000	L'ILL A OBERHERGHEIM	8	12,2	16	391	454	444	11,6	11	13,4	8,4	8,3	8,7	oct-2017
02013000	L'ILL A OBERHERGHEIM	5,6	7,7	10,1	293	270	na	12,5	12,5	na	8,4	8	na	nov-2017
02018500	L'ILL A COLMAR (MAISON ROUGE)	9,5	12,6	14,7	517	552	530	10	9,4	10,4	8,1	8	7,9	oct-2017
02018500	L'ILL A COLMAR (MAISON ROUGE)	6,3	8,2	10,6	367	323	na	11,4	11,7	na	8	7,8	na	nov-2017
02018780	LA PETITE-FECHT À STOSSWIHR (B)	5,2	8,5	11,6	43	38	39	10,8	11,2	12,2	7,8	8	7,5	oct-2017
02025500	L'ILL A HUTTENHEIM	8,6	11,7	13,9	558	550	541	8,75	9,2	10,1	8,1	8,1	8	oct-2017
02038000	L'ILL A LA-WANTZENAU	9,9	12,5	15,4	429	444	435	10,6	10,2	10,3	8,4	8,3	8,2	oct-2017
02038000	L'ILL A LA-WANTZENAU	6,5	8	10	371	343	na	11,7	11,5	na	8,5	7,9	na	nov-2017
02049785	LA CLEURIE À GERARDMER (LE BEILLARD)	6	9,3	12,4	395	258	215	9,5	9,6	9,9	7,8	7,9	7,4	oct-2017
02037400	LA SOUFFEL À MUNDOLSHEIM (AMONT)	4,3	10,9	14,6	1225	1120	1218	7,6	6,8	8,2	8,2	8,1	8	oct-2017
02094900	LA MOSELLE À SIERCK	10,4	13,2	15,8	1740	1730	1857	8,7	8,6	9,8	8	7,9	7,8	oct-2017
02095600	LA SARRE A SARRALTROFF	7,9	10,8	13,4	343	327	336	8	4,5	9,4	7,9	7,5	7,7	oct-2017
02100150	LA SARRE A GROSBLIEDERSTROFF	8,5	10,7	13	646	656	638	9,3	9,2	10,4	8	7,8	8	oct-2017
02010000	LA THUR A STAFFELFELDEN	6,1	8,3	10,2	575	na	253	11,4	na	11,8	8,4	na	8,3	nov-2017
02056200	LA MOSELLE À TONNOY	8,1	11,4	14,9	265	271	247	9,2	9,2	10,8	8,3	8,1	7,7	oct-2017
02060750	LA MOSELLE À LIVERDUN	9,6	12,5	14,6	357	392	392	9,1	9,4	10,8	8,2	8,2	8,1	oct-2017
02075300	LA MOSELLE À MILLERY	9,9	12,9	15,4	1960	1812	1432	7,8	8,6	9,5	7,5	8,1	7,8	oct-2017
02076800	LA MOSELLE À VANDIERES	9,9	12,9	15,7	1777	1834	1786	10,9	9,6	10,6	7,7	7,8	7,7	oct-2017
02106600	LA MEUSE A GONCOURT	7	10,9	14,5	581	696	1382	5,5	4,6	8,7	7,7	7,6	7,5	oct-2017
02109000	LA MEUSE A SAINT-MIHIEL	7,7	11,3	14	589	627	611	11,5	10,1	11,8	8	8,5	7,7	oct-2017
02113000	LA MEUSE A SASSEY-SUR-MEUSE	8,7	11,5	14,4	573	576	578	9,9	9,5	10,8	8	8,5	8,1	oct-2017
02116000	LA CHIERS A CARIGNAN	8,5	10,9	13,6	648	614	726	9,5	9,4	10,9	8,1	8,8	8,2	oct-2017
02118000	LA MEUSE A LUMES	8,9	11,8	14,2	584	564	585	8,6	8,7	9,7	8,2	7,7	8,1	oct-2017
02119000	LA MEUSE À NOUZONVILLE	8,5	11,8	14,2	571	551	556	8,6	8,3	9,8	8,4	8,7	8	oct-2017
02123500	LA HOUILLE A FROMELENNES	5,1	10	13,9	131	118	130	10,4	10,3	12,1	7,6	8	7,7	oct-2017
02124000	LA MEUSE A GIVET	8,8	12,5	14,9	398	401	416	10,4	10,4	11	8,2	8,5	8,4	oct-2017
06137200	ISERE A GRESY-SUR-ISERE	10,6	13,9	17,1	596	581	654	10,2	10	10,4	8,1	7,9	8,2	août-2017
06137200	ISERE A GRESY-SUR-ISERE	8,8	10,8	14,4	654	604	625	10,4	10,8	11,6	8,2	8	8,3	sept-2017
06137200	ISERE A GRESY-SUR-ISERE	8,2	10,3	14	624	528	677	11,4	11,3	11,4	8,2	8,2	8,4	sept-2017
06580130	VALSERINE A MONTANGES	10,7	13,7	15,8	311	304	299	10,9	11,1	11,3	8,4	8,4	8,5	août-2017
06580130	VALSERINE A MONTANGES	8	10,4	13,2	299	317	310	11,2	10,9	11,6	8,5	8,3	8,6	sept-2017
06580130	VALSERINE A MONTANGES	7,7	9,9	12,5	310	347	317	11,4	11,3	11,2	8,5	8,3	8,6	sept-2017
06059500	SAONE A LYON 1	13,1	17	18,6	793	826	690	8,8	8,9	9,1	7,8	8	7,9	oct-2017
06059500	SAONE A LYON 1	9,4	13,2	16,3	688	776	795	9,2	10	11	7,9	8,1	na	oct-2017
06059500	SAONE A LYON 1	5,5	7,4	9,4	795	490	446	11	11,9	11,2	8,1	8,1	8,3	nov-2017
06810010	SAONE A ST-SYMPHORIEN-D'ANCELLES	15,5	16,6	18,4	840	632	738	8,1	11,5	10,8	7,9	8,1	8,6	oct-2017
06810010	SAONE A ST-SYMPHORIEN-D'ANCELLES	8,8	12,1	15,8	738	703	648	10,8	10,5	10,7	8,1	8,1	8,3	oct-2017
06810010	SAONE A ST-SYMPHORIEN-D'ANCELLES	5,4	7,2	8,7	648	na	446	10,7	11,7	11,2	8,3	8,3	8,2	nov-2017
06029100	DOUBS A THORAISE 1	14,4	15,1	16,7	406	416	433	10,7	10,5	10,5	8,3	8,3	8,2	oct-2017
06029100	DOUBS A THORAISE 1	8,5	10,8	13,7	433	433	424	10,5	10,7	11,4	8,2	8,2	7,1	oct-2017
06029100	DOUBS A THORAISE 1	5,6	7,3	8,9	422	na	458	11,1	12,1	12	7,4	8,4	8,3	nov-2017
06182050	HERAULT A BRISSAC 1	13,2	15,8	18,9	400	416	407	11,3	11,5	11,2	8,2	8,4	8,4	oct-2017
06182050	HERAULT A BRISSAC 1	9,5	12,1	15,2	407	410	367	11,2	12,4	11,9	8,4	8,3	8,3	oct-2017
06182050	HERAULT A BRISSAC 1	5,1	8,1	11,6	367	371	375	10,9	12,7	13,6	8,3	8,2	8,4	nov-2017
06118600	CEZE A ROBIAC-ROCHESSADOULE	11,9	15,6	19,9	248	247	268	12,3	11,9	11,6	8,2	8,2	8,2	oct-2017
06118600	CEZE A ROBIAC-ROCHESSADOULE	6,9	11,1	16,7	266	271	126	10,8	12,5	11,7	8,2	8,3	8,2	oct-2017
06118600	CEZE A ROBIAC-ROCHESSADOULE	2,1	6,3	10,3	126	136	150	11,7	12,8	12,8	8,3	7,7	8,1	nov-2017
06118550	LUECH A GENOLHAC	11,3	13,8	17,7	89	84	75	8,6	9,3	10,6	7,7	7,3	7,8	oct-2017
06118550	LUECH A GENOLHAC	5	9	13,7	74	77	51	10,4	11,2	12,4	8,2	7,7	8	oct-2017
06118550	LUECH A GENOLHAC	0,8	4,7	9,6	46	42	59	12,3	12,4	13,7	8,2	8	7,6	nov-2017
06196950	CADIERE A MARIGNANE 1	14,8	17,8	20,2	710	689	750	9	9,2	10,4	8	8,2	8,2	oct-2017
06196950	CADIERE A MARIGNANE 1	10,6	14,1	17,4	750	760	724	10,4	10,1	11,2	8,2	8,1	8,2	oct-2017
06196950	CADIERE A MARIGNANE 1	7,6	11,1	15	725	742	821	11,2	10,9	12,4	8,3	8,1	8,1	nov-2017
06159800	DURANCE A VINON-SUR-VERDON	11,3	15,4	19,2	505	511	524	10,4	10,6	11,4	8,2	8,4	8,3	oct-2017
06159800	DURANCE A VINON-SUR-VERDON	7,3	11,8	15,5	521	564	577	11,2	10,8	12,9	8,3	8,2	8,5	oct-2017
06159801	DURANCE A VINON-SUR-VERDON	4,2	7,8	11,2	577	588	659	12,7	12,3	13	8,5	8,3	8,4	nov-2017

Irstea

1, rue Pierre-Gilles de Gennes
CS 10030
92761 Antony Cedex

01 40 96 61 21

www.irstea.fr

Agence Française pour la Biodiversité

Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar
94300 Vincennes

01 45 14 36 00

www.afbiodiversite.fr

