

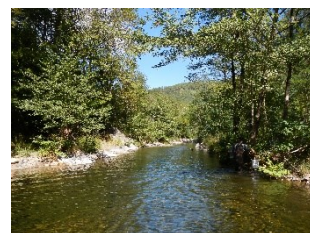
29/07/2021

RAPPORT DE SYNTHÈSE

Référence du document : AHG-001-01

Biosurveillance de la qualité de l'eau du Guiers Mort et du Guiers Vif
Evaluation de la contribution écotoxique relative d'un rejet industriel à Saint-Laurent-du-Pont : mise en œuvre de bioessais *in situ* par encagement de gammares.

Résultats de la campagne de mesure 2021



DOCUMENT CONFIDENTIEL

©BIOMÆ 2021. Ce document a été rédigé par le laboratoire Biomae. *Biomae ne le diffusera pas à des tiers. L'ensemble des résultats est la propriété exclusive du client. Le client peut librement exploiter ou faire exploiter tous les résultats. Toutefois, ce document ne peut être modifié sans l'accord écrit de Biomae.*

Version du document

N° Version	Date	Modification(s)
1	29/07/2021	Première version

Validation du document

Action	Date	Prénom Nom	Visa
Rédaction	29/07/2021	Thibaut Hombert	TH
Validation	29/07/2021	Guillaume Jubeaux	GJ

Document(s) associé(s)

[RAPPORT D'EXPERIMENTATION] L'ensemble des résultats obtenus lors des *déploiements in situ* est disponible en annexe du présent document sous la forme d'un document au format **PDF**. Il contient les informations liées aux expérimentations de terrain : nom de la station, dates d'expérimentations, localisation géographique (cartes et coordonnées GPS), photos de la station, paramètres physico-chimiques (température, conductivité, pH et oxygène) et commentaires.

[RAPPORT ANNEXE] L'ensemble des résultats obtenus au cours de l'étude est disponible en annexe du présent document sous la forme de tableaux au format **EXCEL**. Il contient l'ensemble des informations relatives aux stations de mesure, des campagnes de mesure, des paramètres physico-chimiques (température, conductivité, pH et oxygène) ainsi que l'ensemble des résultats de contamination chimique (résultats bruts, diagnostic de la contamination chimique biodisponible à l'aide de valeurs seuils de contamination (BBAC et échelle de gravité), diagnostic de l'impact écotoxique à l'aide de valeurs seuils de toxicité (avec échelle de gravité) et enfin la conformité aux NQE biote dans le cadre de la Directive Cadre Eau.

Sommaire

1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE	4
2. PROTOCOLE D'EXPOSITION DES GAMMARES.....	5
3. BILAN DES DEPLOIEMENTS <i>IN SITU</i>	7
4. RESULTATS DE L'ETUDE	8
5. CONCLUSION DE L'ETUDE	10

ANNEXES:

1. LABORATOIRE BIOMAE	13
2. MESURES BIOLOGIQUES.....	14
3. TRAITEMENT DES RESULTATS	16

GLOSSAIRE.....	18
REFERENCES	19
CONTACT.....	21

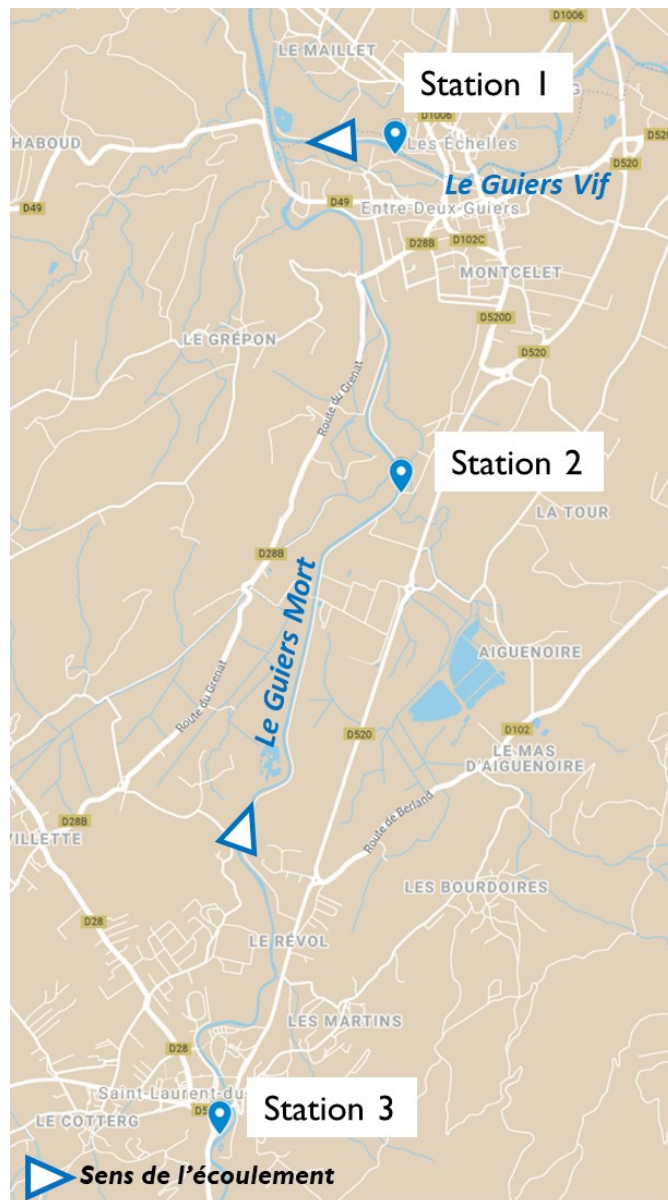
Illustrations

Figure 1: Localisation géographique des stations	4
Figure 2 : Les 10 étapes de réalisation des bioessais <i>in situ</i>	5
Figure 3 : Substrat alimentaire – Disque de feuille d'aulne (22 mm de diamètre).....	6
Figure 4 : Résultats de tests de toxicité	8
Figure 5: Localisation géographique des stations.....	10
Figure 6 : Préparation des résidus de disques de feuille.....	14
Figure 7 : Mesure de la quantité de feuilles consommées pour une cage	14
Tableau 1 : Paramètres physico-chimiques lors de l'exposition des gammars	7

1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE

L'étude vise à détecter de potentiels effets toxiques de micropolluants du Guiers Vif et du Guiers Mort dans le secteur de Saint-Laurent-du-Pont/Entre-Deux-Guiers (**Figure 1**). Une campagne de mesure a été lancée le 8 juillet 2021. Des gammars ont été transplantés via notre méthode d'encagement jusqu'à 21 jours sur chaque station de mesure : fin des expérimentations le 15 juillet 2021. Un test de toxicité (toxicité générale ☞ test d'alimentation) a été mis en place sur les trois stations.

Figure 1: Localisation géographique des stations

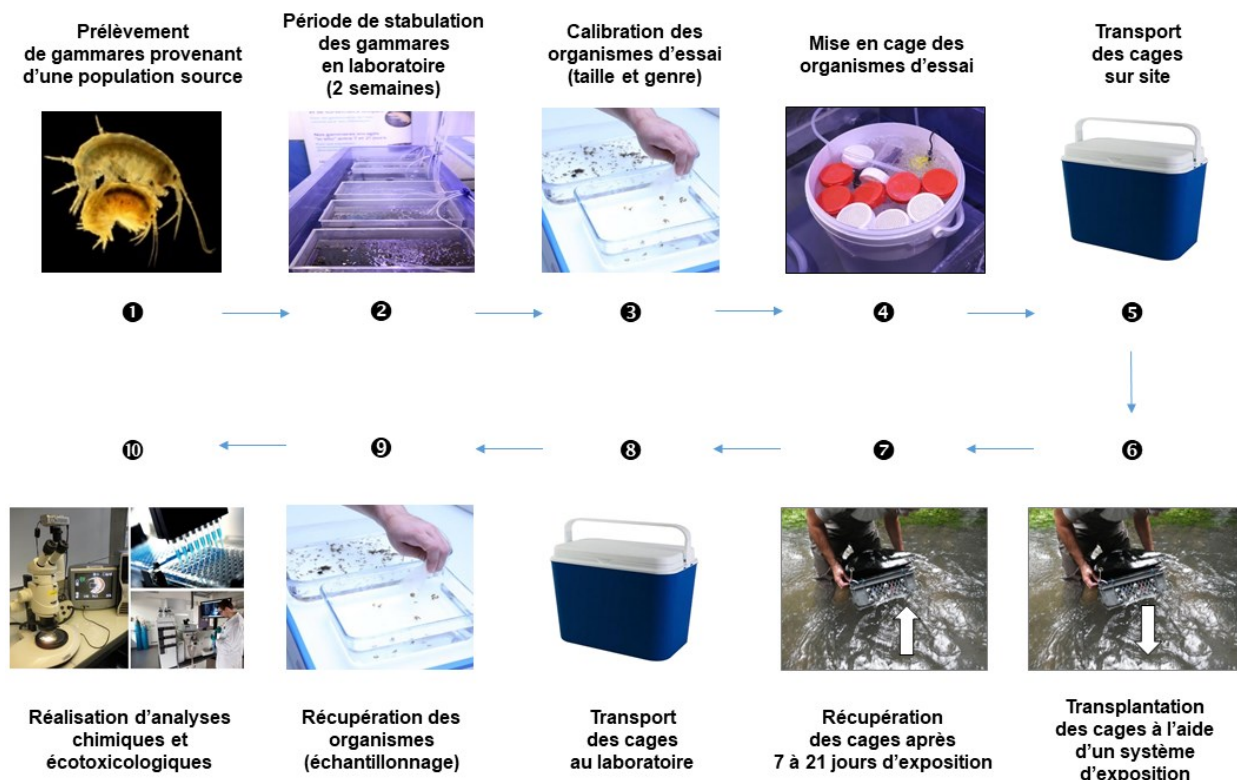


2. PROTOCOLE D'EXPOSITION DES GAMMARES

A. Principe de la méthode

La réalisation des bioessais *in situ* repose sur 10 grandes étapes présentées sur la **Figure 2**. Les étapes #1 à #4 sont réalisées au laboratoire pour produire et conditionner les organismes d'essai avant de les expédier vers le site d'étude (#5). Les organismes sont ensuite placés dans un dispositif d'encagement et sont exposés en continu directement dans le milieu d'étude (#6) pendant 7 à 21 jours (en fonction du type d'analyses). Les organismes sont ensuite récupérés sur site (#7) puis expédiés au laboratoire (#8) où ils sont échantillonnés (#9) en vue de réaliser des analyses chimiques et/ou écotoxicologiques (#10).

Figure 2 : Les 10 étapes de réalisation des bioessais *in situ*



B. Normalisation de la méthode

La production, l'encagement et l'échantillonnage de gammarès sont réalisés conformément à la **norme AFNOR XP-T90-721**. Les analyses écotoxicologiques sont réalisées conformément à la **norme AFNOR XP-T90-722**.

C. Protocole de mesure

❖ Mesure du taux d'alimentation et de l'activité AChE

Quatre cages (ou répliqués) contenant 20 gammares ont été exposés *in situ* pendant 7 jours. Lors de l'exposition, les organismes sont mis en contact avec un substrat alimentaire fabriqué à partir de feuilles d'aulne (**Figure 3**). Dans chaque cage, les organismes sont en contact avec 20 disques de feuilles d'aulne d'un diamètre égale à 22 mm. Une cage contenant uniquement de l'alimentation (sans gammares) est réalisée pour mesurer la consommation qui pourrait avoir lieu dans le milieu et qui ne serait pas attribuable aux gammares encagés. Pour limiter l'influence du poids, de la croissance et du sexe des organismes sur ces réponses, seuls des gammares mâles matures de même classe d'âge ont été exposés (moyenne des tailles comprise entre 9,5 et 12,5 mm et coefficient de variation n'excédant pas 10%). Après les 7 jours d'exposition, les résidus de disques de feuilles ont été échantillonnés en vue de calculer le taux d'alimentation des gammares encagés. En parallèle, les gammares ont été récoltés, triés pour éliminer les organismes morts ou moribonds, comptés pour la détermination du taux de survie, séchés, pesés puis congelés à -80°C en vue de mesurer l'activité enzymatique AChE des gammares.

Figure 3 : Substrat alimentaire – Disque de feuille d'aulne (22 mm de diamètre)



3. BILAN DES DEPLOIEMENTS *IN SITU*

A. Paramètres physico-chimiques lors de l'exposition *in situ*

L'ensemble des mesures physico-chimiques réalisées est présenté dans le **Tableau 1**. Pour la température, il s'agit des valeurs minimales, moyennes et maximales obtenues à partir de mesures en continu, toutes les heures, durant toute la durée de l'expérimentation dans le milieu. Pour la conductivité, l'oxygène dissous et le pH, les mesures ont été réalisées lors des interventions : J0 et J7. Si les valeurs sortent du domaine d'application, elles sont inscrites en rouge. L'intervention à J0 correspond au lancement du test de toxicité générale. L'intervention à J7 correspond à la récupération du test de toxicité générale.

Tableau 1 : Paramètres physico-chimiques lors de l'exposition des gammares

Numéro	Station de mesure	Température (°C)			Conductivité (µS/cm)		pH (unité pH)		Oxygène (mg/L)	
		<i>min</i>	<i>moyenne</i>	<i>max</i>	J0	J7	J0	J7	J0	J7
1	Station 1	9,7	10,9	13,4	335	351	8,5	7,6	11,2	13
2	Station 2	9	10,5	14,4	310	328	8,4	7,7	11,3	12
3	Station 3	8,7	9,9	12,7	317	343	8,6	7,8	11,5	11,3

Les paramètres physico-chimiques suivis montrent que les conditions d'exposition sont comprises dans la gamme optimale pour l'encagement de gammare.

B. Taux de survie des gammares encagés

❖ Taux d'alimentation

Conformément à la norme Afnor XP-T90-722-3, les taux de survie sont supérieurs à 70% sur l'ensemble des stations, ce qui permet une interprétation fiable de la mesure du taux d'alimentation.

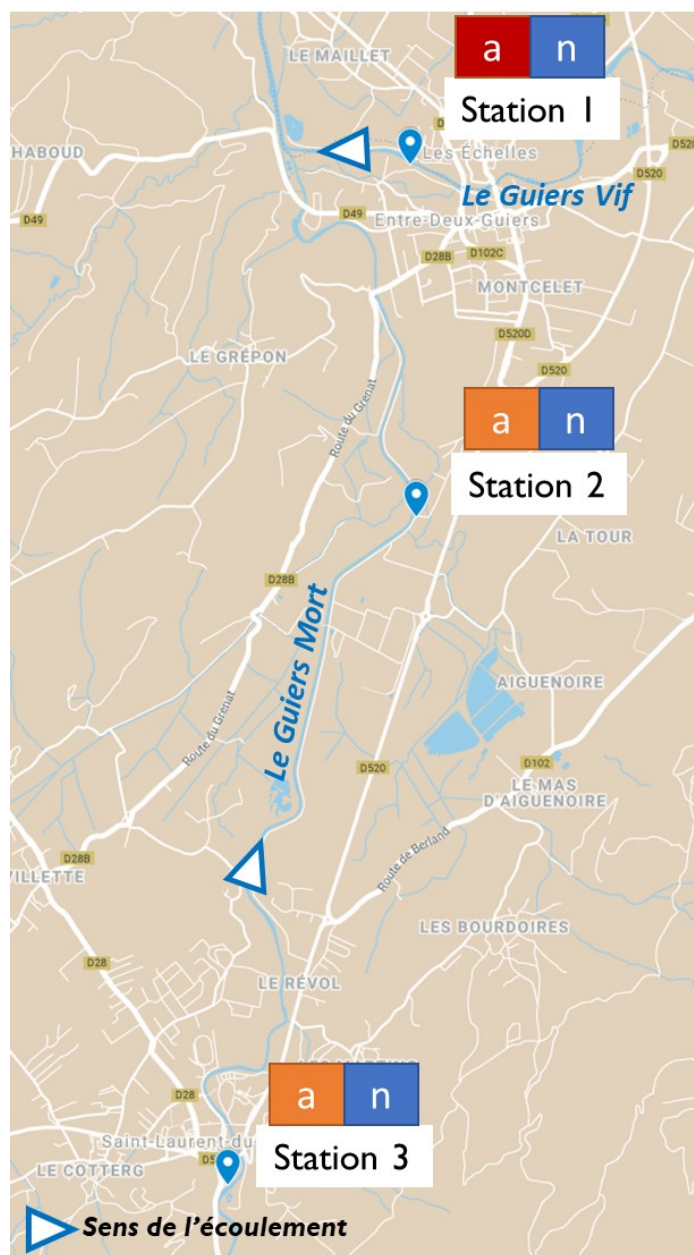
Conformément à la norme Afnor XP-T90-722-1, cinq réplicats de cinq organismes ont été analysés sur chaque station pour mesurer l'activité enzymatique acétylcholinestérase AChE, ce qui permet une interprétation fiable des effets neurotoxiques (liés à la présence d'insecticides anti-AChE : carbamates et organophosphorés).

4. RESULTATS DE L'ETUDE

A. Diagnostic de l'impact écotoxique

La **Figure 4** présente les résultats des mesures biologiques obtenues au cours de la campagne réalisée en juillet 2021 sur trois stations. Les niveaux de réponse biologique sont comparés pour chaque marqueur aux valeurs seuils présentées dans la partie « Traitement des résultats » (**Page 16**).

Figure 4 : Résultats de tests de toxicité



Code : **bleu** (conforme aux valeurs de référence / pas d'impact écotoxique) ; **vert**, impact faible (proche des valeurs de référence) ; **jaune**, impact modéré ; **orange**, impact fort ; **rouge**, impact très fort
a : alimentation (toxicité générale) / n : neurotoxicité (toxicité spécifique)

En termes de toxicité spécifique, on n'observe aucun impact neurotoxique sur les trois stations au cours de cette campagne de mesure. Les résultats mettent en évidence l'absence de toxicité liée à une exposition à des insecticides de la famille des carbamates et des organophosphorés.

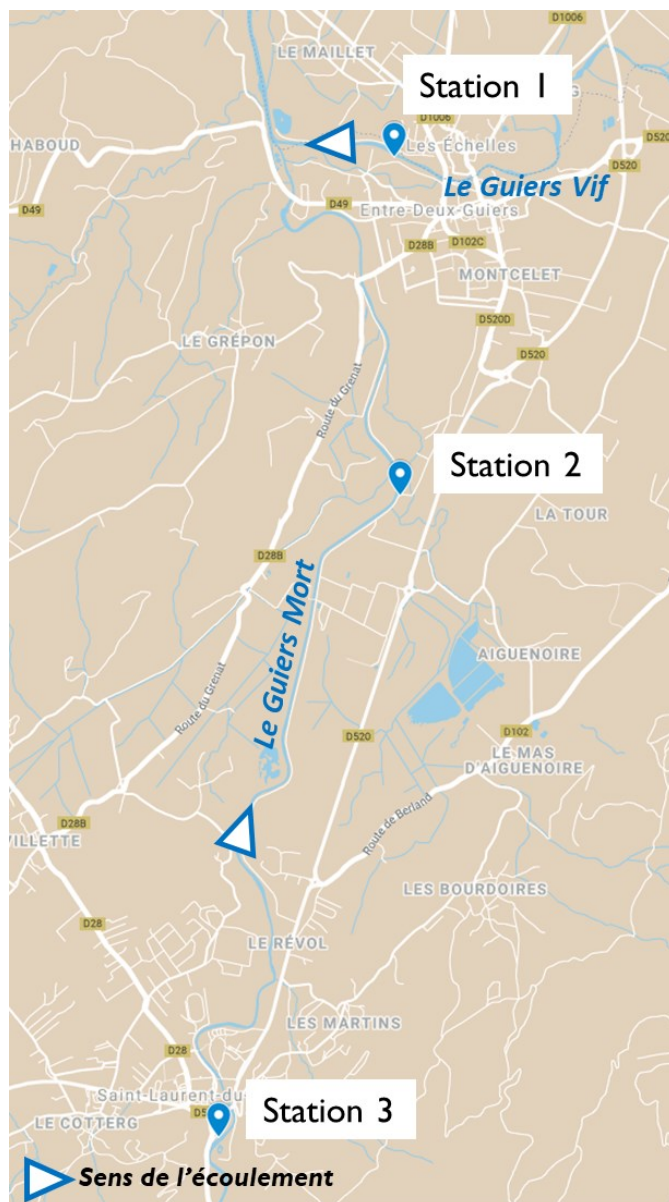
En termes de toxicité générale (alimentation) :

- **Guiers mort** : on observe que le taux d'alimentation des gammares est impacté dès l'amont de la ville de Saint-Laurent-du-Pont (station 3) avec un impact toxique fort. Les effets sont similaires sur la station située en aval de la ville de Saint-Laurent-du-Pont (station 2) avec un niveau d'impact fort.
- **Guiers vif** : par rapport au Guiers mort, on observe un impact plus marqué sur le Guiers vif avec un niveau d'impact très fort sur cette station (station 1).

5. CONCLUSION DE L'ETUDE

L'étude vise à détecter de potentiels effets toxiques de micropolluants du Guiers Vif et du Guiers Mort dans le secteur de Saint-Laurent-du-Pont/Entre-Deux-Guiers (**Figure 1**). Une campagne de mesure a été lancée le 8 juillet 2021. Des gammars ont été transplantés via notre méthode d'encagement jusqu'à 21 jours sur chaque station de mesure : fin des expérimentations le 15 juillet 2021. Un test de toxicité (toxicité générale ☞ test d'alimentation) a été mis en place sur les trois stations.

Figure 5: Localisation géographique des stations



Lors de cette campagne de mesure, les deux cours d'eau étaient en crue, ce qui peut être (en plus d'éventuelles contaminations diffuses et/ou ponctuelles) à l'origine d'apports de contaminants supplémentaires dans le milieu (par exemple, par remise en suspension de sédiments contaminés, par apports d'eaux pluviales potentiellement contaminées, ...)

❖ Diagnostic de l'impact du Guiers Mort

En termes de toxicité, on observe un impact toxique fort en amont (Station 3) et en aval (Station 2) de la ville de Saint-Laurent-du-Pont via la mesure du taux d'alimentation des gammares (marqueur de toxicité générale). Ces résultats montrent qu'il n'y a pas de hausse de toxicité en aval par rapport à l'amont de la ville mais que des sources de toxicité sont présentes plus en amont sur le Guiers Mort.

En revanche, on n'observe pas d'effets neurotoxiques sur les deux stations ; ce qui permet d'écartier l'apport de pressions toxiques liées aux effets de certains insecticides (carbamates et organophosphorés).

❖ Diagnostic de l'impact du Guiers Vif

On observe un impact toxique très fort sur les gammares via la mesure du taux d'alimentation. Cet effet est plus marqué par rapport aux deux stations suivies sur le Guiers Mort.

Comme pour le Guiers Mort, on n'observe pas non plus d'effet neurotoxique sur cette station.

ANNEXES

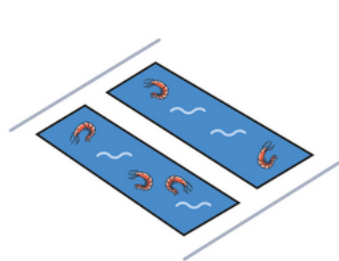
1. LABORATOIRE BIOMAE	13
2. MESURES BIOLOGIQUES	14
3. TRAITEMENT DES RESULTATS	16
GLOSSAIRE.....	18
REFERENCES.....	19
CONTACT	21

1. LABORATOIRE BIOMAE

Biomae est un laboratoire d'écotoxicologie créé en 2014 qui propose des bioessais innovants, robustes, intégrateurs, **normalisés AFNOR** et issus de plus de **10 années de recherche au sein de l'institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE)**.

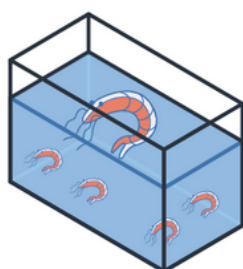
BIOMAE développe et propose des **bioessais *in situ***, basés sur l'encagement de gammares (une espèce de crevette d'eau douce polluosensible et non-invasive). Ces gammares, issus d'un élevage contrôlé, sont calibrés puis encagés pour être exposés directement dans le milieu naturel (rivières, fleuves, canaux et lacs) plusieurs jours/semaines au contact des micropolluants.

A partir des organismes encagés *in situ*, Biomae évalue d'une part la **contamination chimique** en mesurant les substances chimiques accumulées dans les organismes et d'autre part l'**impact écotoxicologique** en détectant l'effet de micropolluants sur des réponses biologiques telles que l'activité enzymatique AChE, la reproduction, le comportement alimentaire ou encore la survie.



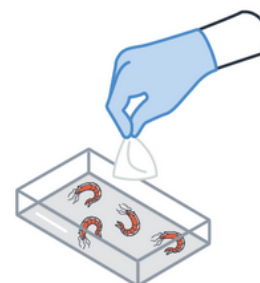
1

Les gammarus sont prélevés dans une zone d'élevage contrôlée (contrôles chimique et physiologique).



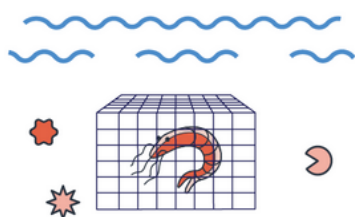
2

Les gammarus sont conditionnés en laboratoire pendant 2 semaines, période de stabulation (pH, conductivité, température, oxygène, etc.).



3

Les gammarus sont calibrés et triés, puis encagés avant d'être envoyés vers les lieux d'exposition.



4

Les gammarus sont exposés pendant plusieurs jours au contact des micropolluants, directement dans le milieu récepteur (exposition *in situ*).



5

Les gammarus sont rapatriés et échantillonnés aux laboratoires avant d'être analysés. Analyses de bioaccumulation et/ou d'écotoxicité.



6

Les résultats obtenus sont interprétés à partir de référentiels co-construits avec les chercheurs de l'INRAE sur des données agences de l'eau.

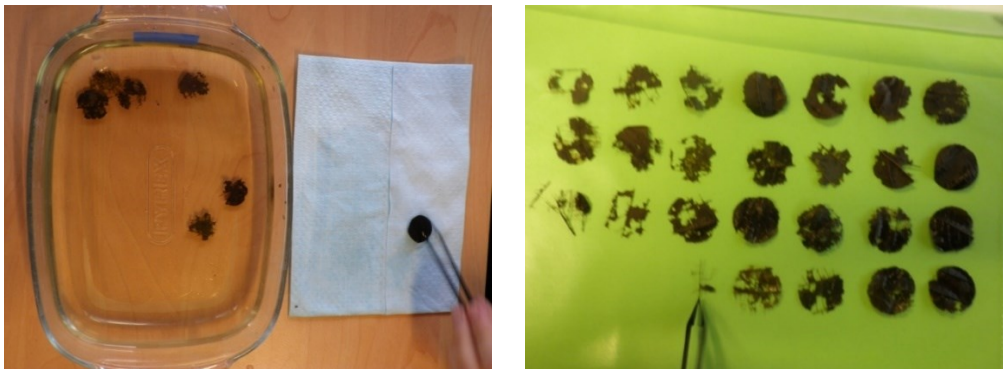
Pour en savoir plus sur le laboratoire Biomae, cliquez [ICI](#).

2. MESURES BIOLOGIQUES

A. Mesure du taux d'alimentation

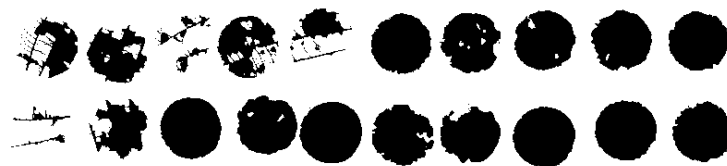
Après les 7 jours d'exposition, les gammares ont été récoltés, triés pour éliminer les organismes morts ou moribonds et comptés afin de déterminer le taux de survie. Les résidus de disques de feuilles sont échantillonnés. Pour chaque cage, les restes de disques de feuille sont déposés sur du papier absorbant puis placés à plat sur une feuille transparente au format A4 à l'aide d'une pince (**Figure 6**). Les disques et/ou résidus de disques sont numérisés à l'aide d'un scanner en noir et blanc.

Figure 6 : Préparation des résidus de disques de feuille



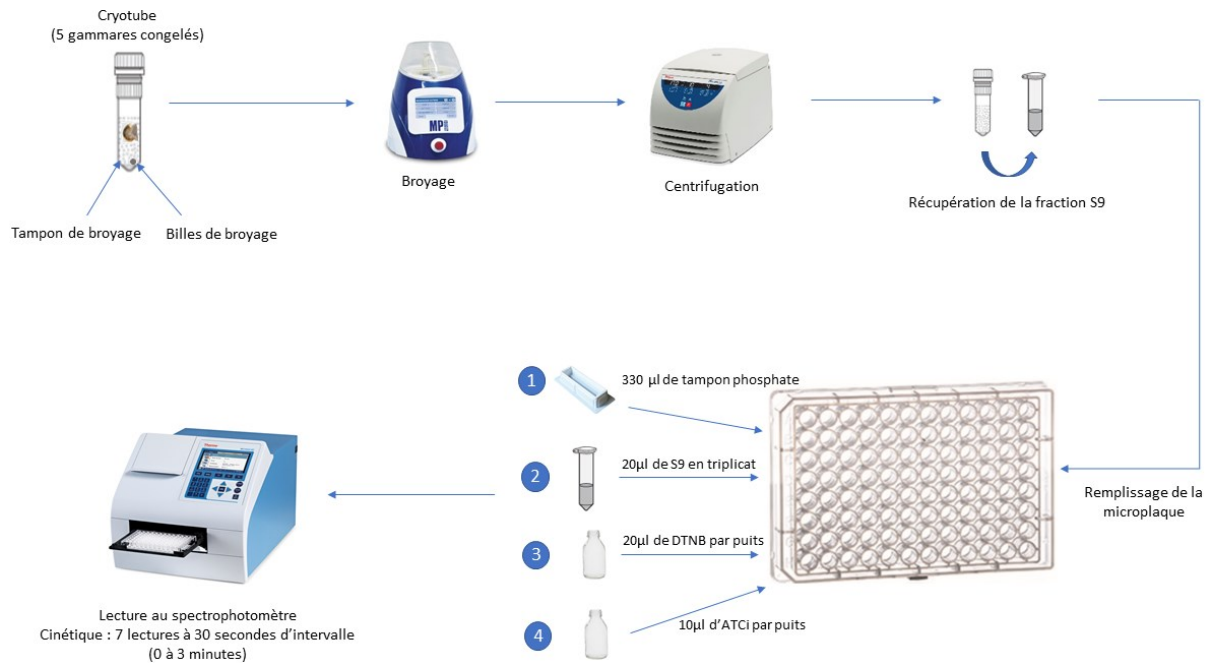
La surface des résidus de disques et des disques numérisés est mesurée avec un logiciel d'analyse et de traitement d'image afin de calculer la surface totale de feuilles consommées qui est exprimée en nombre de pixels² (pxl²) puis convertie en millimètres² (mm²) (**Figure 7**).

Figure 7 : Mesure de la quantité de feuilles consommées pour une cage



Enfin, le taux d'alimentation moyen est calculé à partir de la surface totale de disques consommée en mm² et du nombre moyen de gammares vivants. Le taux d'alimentation est exprimé en mm² consommés par individu et par jour (mm²/individu/jour) puis converti en pourcentage d'inhibition par rapport à nos valeurs de référence obtenues en conditions contrôles (sans contaminants).

B. Dosage de l'activité enzymatique acétylcholinestérase (AChE)



Des broyats de gammarus entiers sont préparés (homogénéisation) et le surnageant (fraction S9) est récupéré par centrifugation.

L'activité AChE est mesurée à partir de la fraction S9 selon la méthode colorimétrique décrite par Ellman *et al.* (1961). Cette méthode utilise la réaction entre la thiocholine, formée au cours de l'hydrolyse des esters de thiocholine (*i.e.*, substrat de synthèse : l'acétylthiocholine) par l'AChE, et un substrat secondaire, l'acide dithio-bis-nitrobenzoïque (DTNB). Les esters de thiocholine sont des analogues structuraux aux substrats naturels de l'AChE. Leur hydrolyse libère un groupement thiol (-SH) qui réagit avec le DTNB. Le produit final de cette cascade de réactions, le 2-nitro-5-thionobenzoate (TNB), colore progressivement le milieu réactionnel en jaune. L'apparition du TNB est suivie en mode cinétique par des lectures d'absorbance à 405 nm, effectuées à intervalles de temps réguliers au moyen d'un spectrophotomètre entre 0,5 et 3 minutes.

Pour chaque condition testée, il est recommandé d'appliquer le dosage de l'activité AChE sur 5 réplicats de mesure correspondant chacun à un échantillon composite de 5 individus mâles calibrés par leur poids. Les mesures de l'activité AChE sont réalisées à l'aide de microplaques transparentes en polystyrène de 96 puits à fond plat.

3. TRAITEMENT DES RESULTATS

A. Mesures biologiques : seuil de toxicité et échelle de gravité

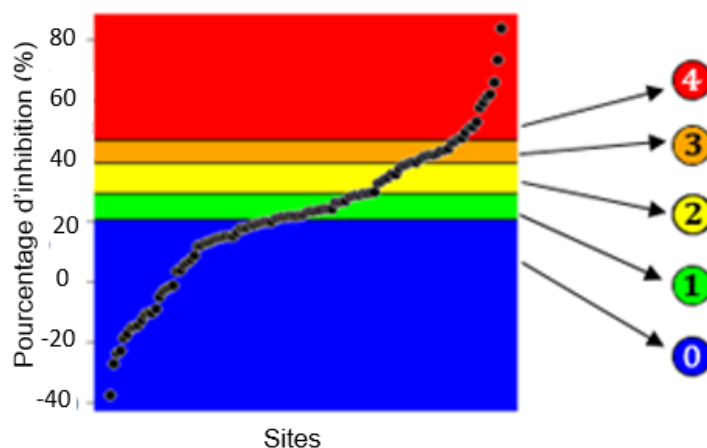
❖ Marqueurs disposant d'un seuil de toxicité

Des valeurs de référence ou modèle de prédiction (standard) sont disponibles pour les réponses biologiques mesurées chez le gammaré. La méthode de définition de valeurs de référence a été proposée par le laboratoire d'écotoxicologie d'INRAE (Xuereb *et al.* 2009 ; Geffard *et al.*, 2010 ; Coulaud *et al.*, 2011). Elles intègrent la variabilité naturelle des marqueurs d'effet en fonction des caractéristiques des milieux (*e.g.*, température). Ces standards correspondent aux valeurs que l'on doit observer si les gammarés sont exposés en milieux non toxiques.

❖ Marqueurs disposant d'un seuil de toxicité et d'une échelle de gravité

Pour certains marqueurs, des classes de toxicité complémentaires ont été définies par Biomaes, en collaboration avec INRAE (classes 1-vert, 2-jaune, 3-orange et 4-rouge) et permettent de classer l'impact en fonction de son niveau de gravité de faible à très fort (**Figure**).






Figure 7 : Seuil de toxicité et échelle de gravité



NOTE : 0, conforme aux valeurs de référence (pas d'impact écotoxique) ; 1, impact faible (proche des valeurs de référence) ; 2, impact modéré ; 3, impact fort ; 4 impact très fort






• Taux d'alimentation

Le taux d'alimentation pour chaque réplicat est calculé à partir du nombre moyen de gammarés vivants lors de la mesure (calculé pour chaque réplicat comme la moyenne entre le nombre de gammarés au début et à la fin de la mesure), de la surface de nourriture consommée (exprimée en mm²) et de la durée d'exposition au cours de laquelle la nourriture a été proposée aux gammarés. Un réplicat témoin est préparé en disposant de la nourriture sans gammarés. Le taux d'alimentation est exprimé en mm².individu⁻¹.jour⁻¹ puis converti en pourcentage d'inhibition.

Valeur seuil	Code couleur	Signification
-20,6%		Conforme ☞ Pas de différence avec la distribution de référence
-29,1%		Effet faible ☞ Proche de la distribution de référence
-39,3%		Effet modéré
-46,6%		Effet fort
		Effet très fort

- Activité enzymatique AChE (Neurotoxicité)

L'activité AChE est calculée en faisant la moyenne de l'activité AChE mesurée dans 5 réplicats. Le résultat obtenu est comparé aux valeurs de référence et converti en pourcentage d'inhibition.

Valeur seuil	Code couleur	Signification
- 13%		Conforme ☞ Pas de différence avec la distribution de référence
- 18%		Effet faible ☞ Proche de la distribution de référence
- 29%		Effet modéré
- 40%		Effet fort
		Effet très fort

GLOSSAIRE

Bioaccumulation : La bioaccumulation désigne la capacité des organismes vivants à absorber et à concentrer certaines substances chimiques. Chez un organisme, cette capacité peut fortement varier selon des facteurs biologiques (âge, sexe, etc.) ou selon des facteurs environnementaux liés aux caractéristiques physico-chimiques.

Biodisponibilité : La biodisponibilité correspond à la capacité des substances chimiques dans l'environnement à être réellement assimilées par un organisme vivant, et donc potentiellement toxique. La fraction biodisponible d'une substance chimique représente la dose d'exposition pertinente à évaluer ou à prendre en compte pour évaluer la toxicité sur le vivant. La biodisponibilité est liée aux facteurs environnementaux qui modifient le potentiel de bioaccumulation des substances chimiques.

Bioessai : Un bioessai a pour objectif de mesurer une ou plusieurs réponses biologiques d'organismes vivants afin de mesurer l'effet de substances chimiques, de facteurs physiques ou de conditions environnementales.

Biomarqueur : Un biomarqueur est un changement observable et/ou mesurable au niveau moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, qui révèle l'exposition présente ou passée d'un individu à au moins une substance chimique à caractère polluant.

Ecotoxicologie : L'écotoxicologie est une discipline scientifique située à l'interface entre l'écologie et la toxicologie, née de la reconnaissance du fait qu'un nombre croissant de substances chimiques, à caractère polluant, contaminent tout ou partie de la biosphère et ont des effets délétères sur les êtres vivants.

Micropolluant : Un micropolluant est une substance (minérale, biologique, organique, radioactive...) polluante (et donc altéragène biologique, physique ou chimique) qui, à des concentrations infimes (microgrammes ou moins) dans l'eau, l'air ou le sol, peut avoir une action toxique ou écotoxique pour tout ou partie des organismes ou l'écosystème.

REFERENCES

❖ Directive Cadre Eau dans le biote

Directive 2013/39/UE du Parlement européen et du Conseil du 12/08/13 modifiant les directives 2000/60/CE et 2008/105/CE en ce qui concerne les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau.

Directive 2008/105/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 établissant des normes de qualité environnementale dans le domaine de l'eau (6) fixe des normes de qualité environnementale (NQE), conformément à la directive 2000/60/CE, pour les trente-trois substances prioritaires recensées dans la décision n° 2455/2001/CE et pour huit autres polluants déjà réglementés au niveau de l'Union.

❖ Normes AFNOR sur le gammare

Norme Afnor XP-T90-721 (2019). Engagemment *in situ* de gammares pour la mesure de la bioaccumulation de substances chimiques.

Norme Afnor XP-T90-722-1 (2020). Mesures moléculaires, physiologiques et comportementales chez le gammare (crustacé amphipode). Partie 1 : Dosage de l'activité enzymatique acétylcholinestérase (AChE).

Norme Afnor XP-T90-722-2 (2020). Mesures moléculaires, physiologiques et comportementales chez le gammare (crustacé amphipode). Partie 2 : Mesure de marqueurs de reproduction.

Norme Afnor XP-T90-722-3 (2020). Mesures moléculaires, physiologiques et comportementales chez le gammare (crustacé amphipode). Partie 3 : Mesure du taux d'alimentation.

❖ Agrément ministériel sur la matrice « gammare »

Agrément 14/04/2018. Avis relatif aux limites de quantification des couples « paramètre-matrice » de l'agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques. JORF n°0087 du 14 Avril 2018. Texte n°159.

❖ Guides techniques sur le suivi chimique dans le biote

European Commission 2014. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC): Guidance Document No. 32 On Biota Monitoring (the implementation of EQS Biota) under the Water Framework Directive. Technical Report - 2014 - 083.

Note technique du 26 décembre 2017 relative à la mise en œuvre du suivi des substances de l'état chimique des eaux de surface dans le biote dans le cadre de la directive cadre sur l'eau conformément à la directive 2013/39/UE du Parlement européen et du Conseil du 12 août 2013. Le ministre d'Etat, ministre de la Transition écologique et solidaire.

AQUAREF - Opérations d'analyse physico-chimique du biote en milieu continental dans le cadre des programmes de surveillance DCE - Recommandations techniques - Edition 2017

❖ Publications INRAE sur le gammare

Alric, B., A. Chaumot, & Geffard, O (2018). A multi-contaminant indicator of the bioavailable contamination for aquatic ecosystems based on active biomonitoring. Journal of Applied Ecology.(in press)

- Besse, J.P., Geffard, O., Coquery, M. (2012). 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 (2) 650-660.
- Besse, J.P., Geffard O., Chaumot, A. François A., Recoura-Massaquant R., Lopes C., Gahou J., Grisot G., Coquery M. (2014). *Rapport de synthèse de l'étude pilote : déploiement de l'outil gammare encagé au niveau national, résultats pour les métaux ciblés. Rapport IRSTEA-ONEMA, 60p.*
- 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, 100 p.
- Besse, J.P., Geffard, O., Lopes, C., Chaumot, A., Coquery, M. (2012). Développement d'une méthodologie pour l'amélioration du suivi chimique des eaux continentales. Approche de biosurveillance active sur *Gammarus fossarum*. Irstea, 63p.
- Chaumot, A., Geffard, O., Armengaud, J., Maltby, L. (2015). Gammarids as Reference Species for Freshwater Monitoring. Chapter in Book : Aquatic Ecotoxicology: Advancing Tools for Dealing with Emerging Risks : pp.253-280
- Coulaud, R., Geffard, O., Xuereb, B., Lacaze, E., Quéau, H., Garric, J., 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., Xuereb, B., Chaumot, A., Geffard, A., Biagianti, S., Noël, C., 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.
- Jubeaux, G., Salvador, A., Simon, R., Quéau, H., Chaumot, A., and Geffard, O. (2012). Vitellogenin-like proteins in the freshwater amphipod *Gammarus fossarum* (Koch, 1835): functional characterization throughout reproductive process, potential for use as an indicator of oocyte quality and endocrine disruption biomarker in males. *Aquatic Toxicology*, 112-113: 72-82.
- Lacaze, E., Devaux, A., Mons, R., Bony, S., Garric, J., Geffard, A., & Geffard, O. (2011). DNA damage in caged *Gammarus fossarum* amphipods: A tool for freshwater genotoxicity assessment. *Environmental Pollution*, 159(6), 1682-1691. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.02.038>
- Xuereb, B., Lefèvre, E., Garric, J., & Geffard, O. (2009). Acetylcholinesterase activity in *Gammarus fossarum* (Crustacea Amphipoda): Linking AChE inhibition and behavioural alteration. *Aquatic Toxicology*, 94(2), 114-122.

❖ Brevets sur le gammare

- Brevet FR3079526 (2019). Méthode d'élaboration d'une classification pour hiérarchiser un niveau de pollution d'un milieu aquatique à partir d'une population de gammares. Biomae/INRAE
- Brevet FR 1453885 (2015). Méthode de détermination de la reprotoxicité d'eaux douces. INRAE

❖ Vérification ETV sur le gammare

- ETV n°VN20180033 (2019). Realization protocol of active in situ bioassays from caged gammarids. Lien vers le document de vérification de Biomae disponible sur le site de la commission européenne : https://ec.europa.eu/environment/ecopap/etv/active-bioassays-situ-caged-gammarids_en

CONTACT

Laboratoire Biomae

ZA en Beauvoir
320 Rue de la Outarde
01500 Château-Gaillard

04 74 61 17 42

Le site internet : cliquez [ICI](#)

L'équipe

Thibaut Hombert
Ingénieur étude
thibaut.hombert@biomae.fr
06.17.42.03.29

Laurent Viviani
Co-fondateur
Responsable administratif / commercial
laurent.viviani@biomae.fr
06.89.73.41.14

Guillaume Jubeaux
Co-fondateur (PhD écotoxicologie)
Responsable technique / scientifique
guillaume.jubeaux@biomae.fr
06.78.76.93.54

Quelques vidéos

Dessin animé sur les activités de Biomae (2020) : cliquez [ICI](#)

Vidéo de présentation du laboratoire Biomae (2019) : cliquez [ICI](#)

Reportage France 3 (2017) : cliquez [ICI](#)

Fin du document