

Un échantillonneur intégratif passif simple et flexible pour étudier le transfert des pesticides dans des petits bassins versants

Christelle Margoum, Alexis Martin, Matthieu Le Dréau, Céline Guillemain, Véronique Gouy, Marina Coquery

▶ **To cite this version:**

Christelle Margoum, Alexis Martin, Matthieu Le Dréau, Céline Guillemain, Véronique Gouy, et al.. Un échantillonneur intégratif passif simple et flexible pour étudier le transfert des pesticides dans des petits bassins versants. Sciences Eaux & Territoires, 2021, 37, pp.100-105. 10.14758/SET-REVUE.2021.4.18 . hal-03585001

HAL Id: hal-03585001
https://hal.science/hal-03585001

Submitted on 25 Apr 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Un échantillonneur intégratif passif simple et flexible pour étudier le transfert des pesticides dans des petits bassins versants

Un échantillonneur passif composite innovant à base de silicone et dénommé TSP, pour « *Tige Silicone Polaire* », a été conçu pour l'échantillonnage, la détection et la quantification dans les eaux d'une gamme élargie de pesticides. Sa petite taille, son usage unique et son faible coût sont autant d'atouts qui le rendent particulièrement intéressant pour des mesures intégrées au sein des petits bassins versants. En s'appuyant sur plusieurs exemples d'applications dans des petits bassins versants agricoles, cette synthèse montre comment cet échantillonneur intégratif passif permet de répondre à des enjeux opérationnels multiples.

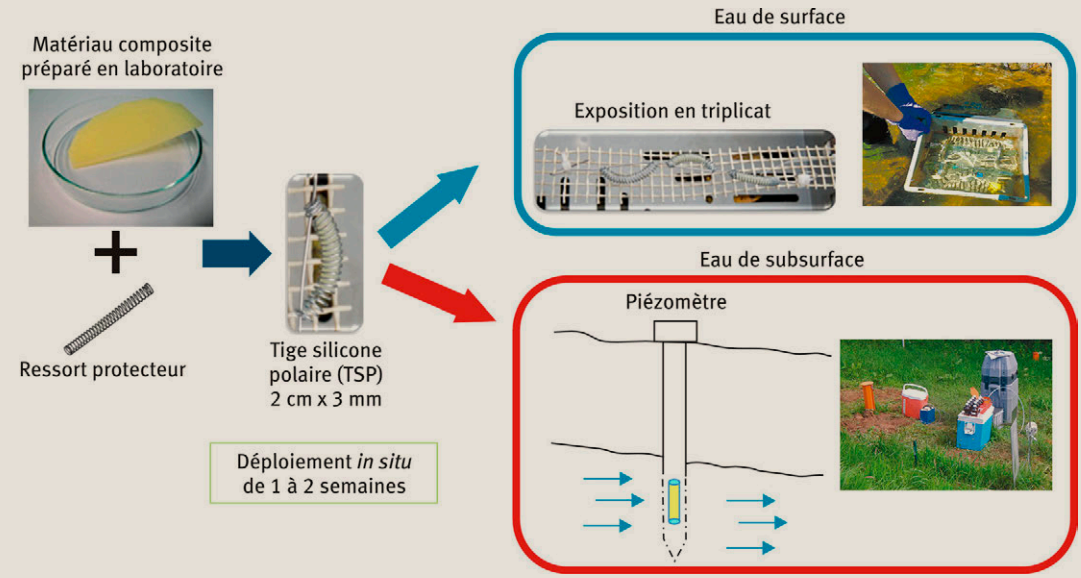
La mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau (DCE ; 2000/60/CE) nécessite des stratégies d'analyses chimiques fiables et sensibles pour mieux évaluer l'état chimique et l'état écologique des masses d'eau. En cohérence avec les enjeux de surveillance, il s'agit également de développer des outils et méthodologies innovantes permettant de diagnostiquer les causes de contamination afin de mettre en place des actions pour les limiter à la source. Disposer de méthodologies d'échantillonnage et d'analyse performantes pour mieux cerner les voies de contamination des masses d'eau et évaluer l'efficacité de solutions correctives constitue donc aussi des enjeux majeurs. L'utilisation d'outils intégratifs pour la réalisation des programmes de surveillance et le diagnostic des causes devient une alternative aux prélèvements ponctuels d'eau.

Ainsi, l'échantillonnage passif a été développé depuis une vingtaine d'années pour améliorer la représentativité temporelle et la sensibilité des mesures des contaminants présents à l'état de traces dans les eaux (Mathon *et al.*, 2021). Cette technique permet l'accumulation *in situ* en continu des contaminants pendant une période d'exposition de quelques jours à quelques semaines suivant le type d'échantillonneur passif et la nature des substances ciblées. Les concentrations moyennes des substances analysées peuvent être calculées et représentent la contamination durant la durée d'exposition.

Les produits phytosanitaires (désignés par pesticides dans la suite de l'article) utilisés pour l'agriculture constituent une source diffuse importante de la contamination des cours d'eau. Dans les petits bassins versants agricoles, les pesticides appliqués sur les cultures sont transportés des parcelles traitées au cours d'eau par diverses voies de transfert hydrique (ruissellement, infiltration, écoulements latéraux par drainage ou écoulement de subsurface…) qui induisent des variabilités importantes en termes de nature de substances et de produits de transformation transférés, de niveaux et de dynamiques de concentrations (Taghavi *et al.*, 2010). L'ensemble de ces informations est essentiel à considérer aussi bien pour identifier et évaluer les solutions correctives les plus adaptées (diminution d'usage, changement de pratiques et limitation des transferts) (Aubertot *et al.*, 2005) que pour estimer les impacts de leur présence sur la qualité de l'eau. Pour répondre à ces besoins, il est nécessaire de disposer d'outils simples qui permettent d'une part un diagnostic de la contamination au plus près des sources d'émission et d'autre part le suivi et l'évaluation de plans d'actions.

Dans ce contexte, un échantillonneur passif composite innovant à base de silicone (dénommé TSP, pour « tige silicone polaire ») a été conçu pour l'échantillonnage, la détection et la quantification dans les eaux d'une gamme élargie de pesticides (Martin *et al.*, 2016). Les caractéristiques spécifiques de l'outil TSP (de petite taille, à usage

❶ **Montage d'une tige silicone polaire (TSP ; dimensions : 20 x 3 x 3 mm) avant exposition directe dans l'eau.**



unique et peu coûteux) le rendent particulièrement intéressant pour des mesures intégrées au sein des petits bassins versants.

En s'appuyant sur plusieurs exemples d'applications des TSP dans des petits bassins versants agricoles, cette synthèse montre comment cet échantillonneur intégratif passif permet de répondre à des enjeux opérationnels multiples.

Description et mise en œuvre de l'outil tige silicone polaire (TSP)

L'échantillonneur passif TSP est constitué d'une tige en matériau composite synthétisé à partir de silicone et de phase Oasis HLB® (brevet FR 3 047 992). Cette tige est insérée dans un ressort métallique, qui en facilite la pose, avant exposition dans l'eau (figure ❶). Ces échantillonneurs de petite taille (2 cm de long) ont été déployés *in situ* pendant une à deux semaines dans des milieux aquatiques variés (ex. : cours d'eau, zone tampon humide artificielle (ZTHA), nappe d'eau superficielle) pour estimer la contamination de différentes familles de pesticides (herbicides, fongicides, insecticides et quelques métabolites).

En fin de période d'exposition, les TSP sont rapportées au laboratoire pour mesurer les pesticides accumulés sur l'outil. Les contaminants organiques fixés sur chaque tige sont désorbés chimiquement par un mélange de solvants organiques selon le protocole décrit par Margoum *et al.* (2013). L'analyse est réalisée par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem (LC-MSMS). Les limites de quantification dans l'eau obtenues avec l'outil TSP sont inférieures à 0,02 µg/L pour les pesticides étudiés (sauf pour l'imidaclopride à 0,1 µg/L). Des tests de conservation ont montré que la variation des concentrations de cinq pesticides accumulés sur les TSP soumises à de fortes variations de température (min-max : de –18 °C à +28 °C) pendant dix jours était inférieure à 15 % par rapport à la concentration initiale. Les incertitudes de mesure, prenant en compte l'ensemble des étapes – depuis l'exposition de l'outil jusqu'à l'analyse en laboratoire – pour 24 pesticides, sont du même ordre de grandeur que pour des échantillons ponctuels (Martin *et al.*, 2016).

Les informations acquises avec les TSP peuvent être interprétées selon trois approches complémentaires :

- une approche qualitative pour identifier la présence d'un large spectre de contaminants organiques aux propriétés physico-chimiques diversifiées, sous réserve d'affinité suffisante entre le contaminant et la TSP. Cette approche permet de déterminer des fréquences de détection, même si les concentrations sont très faibles ou si la substance est très fugace dans le milieu aquatique (exemple des insecticides, comme le chlorpyriphos) ;
- une approche comparative en exploitant, pour un contaminant donné, les quantités (en masse/outil) accumulées dans des TSP exposées sur des sites avec des vitesses de courant comparables. Cette approche peut être utilisée, par exemple, pour mettre en évidence des gradients de contamination spatiaux sur un cours d'eau ou pour évaluer l'efficacité de solutions correctives (entrée-sortie d'un dispositif tampon) ou, possiblement, avant-après la mise en œuvre de changements de pratiques agricoles ;
- enfin, une approche quantitative pour déterminer des concentrations moyennes (en µg/L dans l'eau) pendant la durée d'exposition des TSP. Actuellement, cette approche peut être réalisée pour une vingtaine de pesticides et produits de transformation, pour lesquels nous avons préalablement déterminé les données de calibration en laboratoire (Martin, 2016).

Nous présentons ci-après trois exemples d'application de TSP en milieux aquatiques afin de montrer leur capa-

cité à fournir des informations pertinentes pour évaluer le rôle d'aménagements à limiter les transferts de pesticides vers les milieux aquatiques et afin d'évaluer l'impact des pesticides dans les cours d'eau.

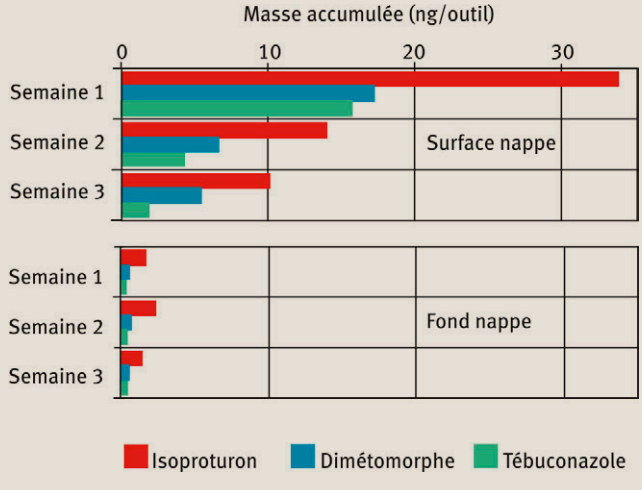
Exemples d'utilisation des tiges silicone polaires

Étudier le devenir des pesticides au sein d'une zone tampon enherbée

L'efficacité d'une zone tampon (ou bande) enherbée à réduire le ruissellement des pesticides issu d'une parcelle agricole en amont, en favorisant l'infiltration dans le sol végétalisé a été démontrée dans de nombreux travaux (Carluer *et al.*, 2019). En revanche, l'évaluation du devenir des produits infiltrés est rarement réalisé. En particulier, le contrôle de la contamination possible d'une nappe superficielle sous-jacente est relativement difficile à mettre en œuvre, car il nécessite une stratégie de prélèvement adaptée qui ne perturbe pas les écoulements souterrains. En ce sens, l'utilisation des TSP de petite taille a paru tout à fait indiquée, étant peu intrusive et ne nécessitant pas de prélèvement d'eau. Une expérimentation de simulation de ruissellement d'eau contaminée avec trois pesticides aux propriétés physico-chimiques différentes (isoproturon, diméthomorphe et tébuconazole) a été réalisée sur une bande enherbée implantée sur un sol sablo-limoneux sur arènes granitiques marquée par la présence d'une nappe superficielle, dans le Beaujolais (Site Atelier Ardières Morcille, Rhône). Des TSP ont été installées chaque semaine dans plusieurs piézomètres à l'aval immédiat de la zone tampon étudiée (Liger *et al.*, 2015). Pour illustrer la capacité des TSP à intégrer des fluctuations de contamination en pesticides dans les eaux souterraines, nous présentons ici les résultats issus de deux piézomètres installés côte à côte et permettant d'attendre la nappe soit en surface (1,2 m sous la surface du sol), soit plus en profondeur (2,6 m sous la surface du sol).

Les analyses réalisées sur les TSP déployées pendant trois semaines consécutives montrent d'une part, la présence dans la nappe des trois pesticides étudiés avec une diminution des quantités accumulées au cours du temps dans un même piézomètre (suivi temporel), et d'autre part, des gradients de contamination entre les piézomètres (suivi spatial) (figure ❷). Cette approche comparative ne nécessite pas de calibration préalable des outils pour les pesticides recherchés et permet aisément d'identifier un gradient de contamination vertical au sein de la nappe. La stratégie mise en place simplifie les études dont l'objectif est de mettre en évidence les transferts latéraux et verticaux de contaminants dans les eaux souterraines.

❷ **Comparaison des quantités de trois pesticides (isoproturon, diméthomorphe et tébuconazole) accumulées au cours du temps sur des tiges silicone polaires (TSP) placées dans des piézomètres en surface et en profondeur de la nappe.**



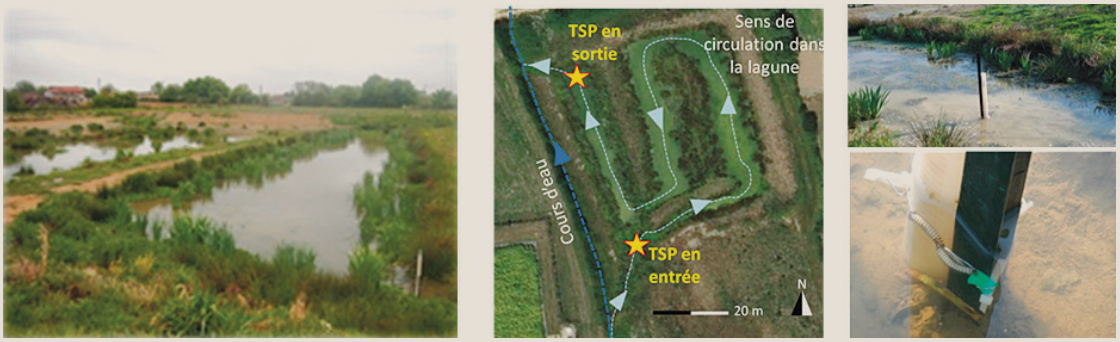
Réaliser un diagnostic des performances d'une zone tampon humide artificielle (ZTHA)

Les zones tampons humides artificielles (ZTHA) sont des bassins de rétention, de profondeur et de hauteur d'eau variables, végétalisés ou pas, qui peuvent réduire la contamination diffuse des eaux de surface par les pesticides (Letournel *et al.*, 2021). Le Syndicat mixte Veyle Vivante a récemment reconverti un ancien lagunage d'assainissement en ZTHA végétalisée sur la commune de Saint Nizier le Désert (Ain, France) pour atténuer le transfert des pesticides vers la rivière. La lagune, d'une surface d'environ 3 000 m², est installée en dérivation partielle d'un fossé qui collecte les eaux d'un petit bassin versant agricole – (110 ha) ; ces eaux proviennent du ruissellement et du drainage de parcelles cultivées (majoritairement maïs grain et ensilage, autres céréales, fourrage, soja, colza, et prairies permanentes), mais également du ruissellement sur des espaces non agricoles, et d'une sortie de station d'épuration des eaux (commune de Saint-Nizier). La configuration en méandres de la ZTHA (figure ❸) permet de ralentir les écoulements d'eau dans la zone, d'augmenter les temps de transfert et de contact entre les contaminants et la végétation présente, et ainsi de favoriser potentiellement les processus d'adsorption et/ou de dégradation des contaminants organiques.

Pour évaluer l'efficacité de ce système à réduire les concentrations en pesticides, des TSP ont été déployées au printemps 2017 hebdomadairement durant treize semaines consécutives en entrée et sortie de la ZTHA. Les TSP ont été stockées à –18 °C entre leur récupération sur le terrain et leur analyse. Douze TSP ont été sélectionnées et analysées à la fin du suivi : elles correspondent à six semaines d'exposition permettant de rendre compte de l'alternance de périodes de basses et hautes eaux dans la ZTHA. Une approche quantitative a permis de déterminer les concentrations moyennes hebdomadaires en chaque pesticide détecté pendant les six semaines choisies.

Parmi les dix pesticides quantifiés dans les eaux grâce aux TSP, une diminution des concentrations supérieure à 50 % est mise en évidence entre l'entrée et la sortie de la lagune pour l'imidaclopride et la simazine. Ces molécules, respectivement d'usage principal non agricole suspecté sur ce site (usage vétérinaire) ou interdit au moment du suivi, sont celles qui avaient les plus fortes concentrations en entrée (jusqu'à 0,30 µg/L pour l'imidaclopride et 0,13 µg/L pour la simazine). Les pesticides utilisés pour les cultures sont également observés en très faibles concentrations. Un printemps peu pluvieux en 2017 pendant le suivi peut expliquer la faible

❸ **Photo de la ZTHA (Saint Nizier le Désert, 01), schéma de circulation de l'eau sur une vue aérienne, et déploiement des tiges silicone polaires (TSP) dans l'eau en entrée de la lagune.**



détection des substances d'usages strictement agricoles qui sont principalement transférées des parcelles au cours d'eau par temps de pluie. Aucune variation de la contamination entre l'entrée et la sortie de la lagune n'est observée pour cinq d'entre elles (carbendazime, atrazine, azoxystrobine, diflufénicanil et diuron) dont les concentrations sont inférieures à 0,05 µg/L. Pour les trois derniers pesticides présents également à l'état de traces (boscalide, métolachlore et tébuconazole), les concentrations augmentent légèrement (entre 0,002 et 0,01 µg/L de hausse) en sortie de la lagune, ce qui laisse supposer un possible léger relargage de ces substances pendant la période de suivi.

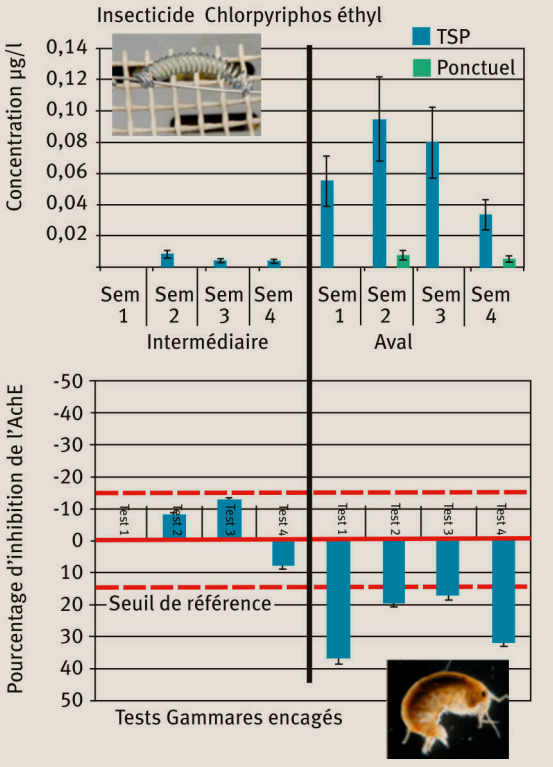
En complément, une analyse ciblée élargie (*screening* sur plus de 500 molécules) a été réalisée sur les extraits organiques de deux TSP déployées en entrée et sortie de la lagune au cours d'une même semaine en période de hautes eaux. Cette approche qualitative sur une plus large gamme de contaminants organiques recherchés a permis de mettre en évidence la présence d'autres substances d'origine non agricole, comme des produits pharmaceutiques (acide niflumique, carbamazépine, diclofénac, oxazépam), probablement en lien avec le déversement des eaux de sortie de la station d'épuration des eaux usées domestiques juste en amont de la lagune.

Dans cet exemple d'application, le déploiement *in situ* des TSP a permis de faciliter l'évaluation du fonctionnement d'une ZTHA grâce au caractère intégratif de cet échantillonneur passif qui limite le nombre d'échantillons à prélever et à analyser pour obtenir une bonne représentativité temporelle. La stratégie de sélection *a posteriori* d'échantillons correspondant aux semaines les plus pertinentes à étudier au regard de l'hydrodynamique du système est un autre avantage offert par les TSP. En complément, la méthodologie expérimentale mise en œuvre s'appuie sur deux étapes complémentaires : une approche quantitative pour évaluer l'efficacité de l'aménagement, applicable pour les pesticides pour lesquels nous disposons des données de calibration, et une approche qualitative pour rechercher la présence d'un plus grand nombre de contaminants. Suite à ce diagnostic, des travaux d'amélioration de la ZTHA ont été engagés par le Syndicat mixte Veyle Vivante pour renforcer son efficacité.

Faire le lien entre l'exposition aux pesticides et les impacts observés dans un cours d'eau

En lien avec le Syndicat mixte des rivières du Beaujolais et la Chambre d'agriculture du Rhône, le déploiement conjoint des échantillonneurs intégratifs TSP et des outils biologiques (gammares encagés) a été réalisé sur des mêmes périodes d'exposition d'une semaine, pour évaluer l'impact de la présence de pesticides sur la qualité des cours d'eau (Le Dréau *et al.*, 2015). Les gammares

❹ **Lien entre la présence de l'insecticide chlorpyriphos dans l'eau mise en évidence par les tiges silicone polaires (TSP), et l'impact neurotoxique mesuré sur des gammares encagés au cours des quatre semaines d'étude.**



sont des crustacés d'eau douce sensibles à de nombreux contaminants. Ce modèle biologique est développé par le laboratoire d'écotoxicologie d'INRAE Lyon-Villeurbanne dans le cadre d'approches de biosurveillance active. La mesure de marqueurs de toxicité globale ou spécifique comme l'activité de l'acétylcholine-estérase (AChE) inhibée par la présence de certains insecticides, permet ainsi de renseigner sur les effets toxiques des substances présentes dans l'eau sur les organismes aquatiques. La figure ❹ montre, pour deux sites d'études (intermédiaire et aval) sur la rivière Ardières dans le Beaujolais (Rhône), l'évolution sur quatre semaines des concentrations en insecticide chlorpyriphos mesurées par TSP et dans un échantillon d'eau ponctuel prélevé durant la période d'exposition de l'échantillonneur passif au regard des mesures d'inhibition de l'AChE sur le gammare.

Cet exemple illustre l'intérêt des TSP, par rapport aux prélèvements ponctuels d'eau, à fournir une donnée plus représentative de l'exposition des gammares en captant des pics fugaces d'insecticides présents à l'état de traces, donc difficilement quantifiables, mais incriminés pour les effets de toxicité observés. Il a permis ainsi de montrer la cohérence et la complémentarité des mesures chimiques et biologiques.

Synthèse et perspectives

Le nouvel échantillonneur passif (tige silicone polaire, TSP) développé à INRAE avec le soutien de ses partenaires est adapté à l'échantillonnage des pesticides et d'autres contaminants organiques à l'état de traces dans les eaux de bassins versants d'usage mixte soumis à des contaminations d'origines diffuses. Les études réalisées à date ont montré que la TSP permet d'acquérir et d'interpréter des données sur la contamination en pesticides dans des petits bassins versants agricoles selon trois approches complémentaires (qualitatif, comparatif, quantitatif), ce qui permet d'adapter les protocoles selon les objectifs de diagnostic et les besoins des opérationnels.

Les principaux atouts de la TSP sont en effet :

- une utilisation simple et flexible compte tenu de sa petite taille, qui permet de les déployer en grand nombre selon les besoins dans différents milieux aquatiques (eaux de surface ou souterraines) sans perturber les écoulements ;
- des protocoles de transport et de conservation facilités grâce à ses petites dimensions (2 cm de long) ;
- un contact direct entre la phase adsorbante de l'outil et l'eau (i.e. pas de membrane) pour augmenter la réactivité de la TSP à capter des variations de concentrations rapides, comme c'est souvent le cas dans les petits bassins versants en période de crues, par exemple, avec des transferts fugaces de pesticides ;
- la capacité du matériau composite constituant les TSP à accumuler des contaminants organiques aux propriétés physico-chimiques diversifiées. La possibilité d'accumulation d'autres substances organiques que les pesticides (comme des composés pharmaceutiques ou vétérinaires) permet d'envisager l'utilisation des TSP pour, par exemple, identifier diverses sources de contaminations dans les milieux aquatiques ;
- enfin, les extraits de TSP sont compatibles avec une analyse non-ciblée par chromatographie couplée à la spectrométrie de masse haute résolution (Guibal *et al.*, 2015 ; Merel *et al*, p. 110-113 dans ce même numéro) pour élargir la détection et l'identification de nouvelles substances présentes dans les milieux aquatiques, ainsi qu'aux produits de transformation de ces substances. ■

Les auteurs

Christelle MARGOUM, Alexis MARTIN, Matthieu LE DRÉAU, Céline GUILLEMAIN, Véronique GOUY et Marina COQUERY
INRAE, UR RiverLy,
5 rue de la Doua, CS 20244, F-69625 Villeurbanne, France.
christelle.margoum@inrae.fr
celine.guillemain@inrae.fr
veronique.gouy@inrae.fr
marina.coquery@inrae.fr

Remerciements

Les auteurs remercient l'Office français de la biodiversité, AQUAREF, le programme Ecophyto, l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée & Corse, le Syndicat mixte Veyle vivante et le Laboratoire d'écotoxicologie d'INRAE Lyon-Villeurbanne pour le soutien financier, logistique ou pour la participation dans les diverses études présentées.

Pour aller plus loin...

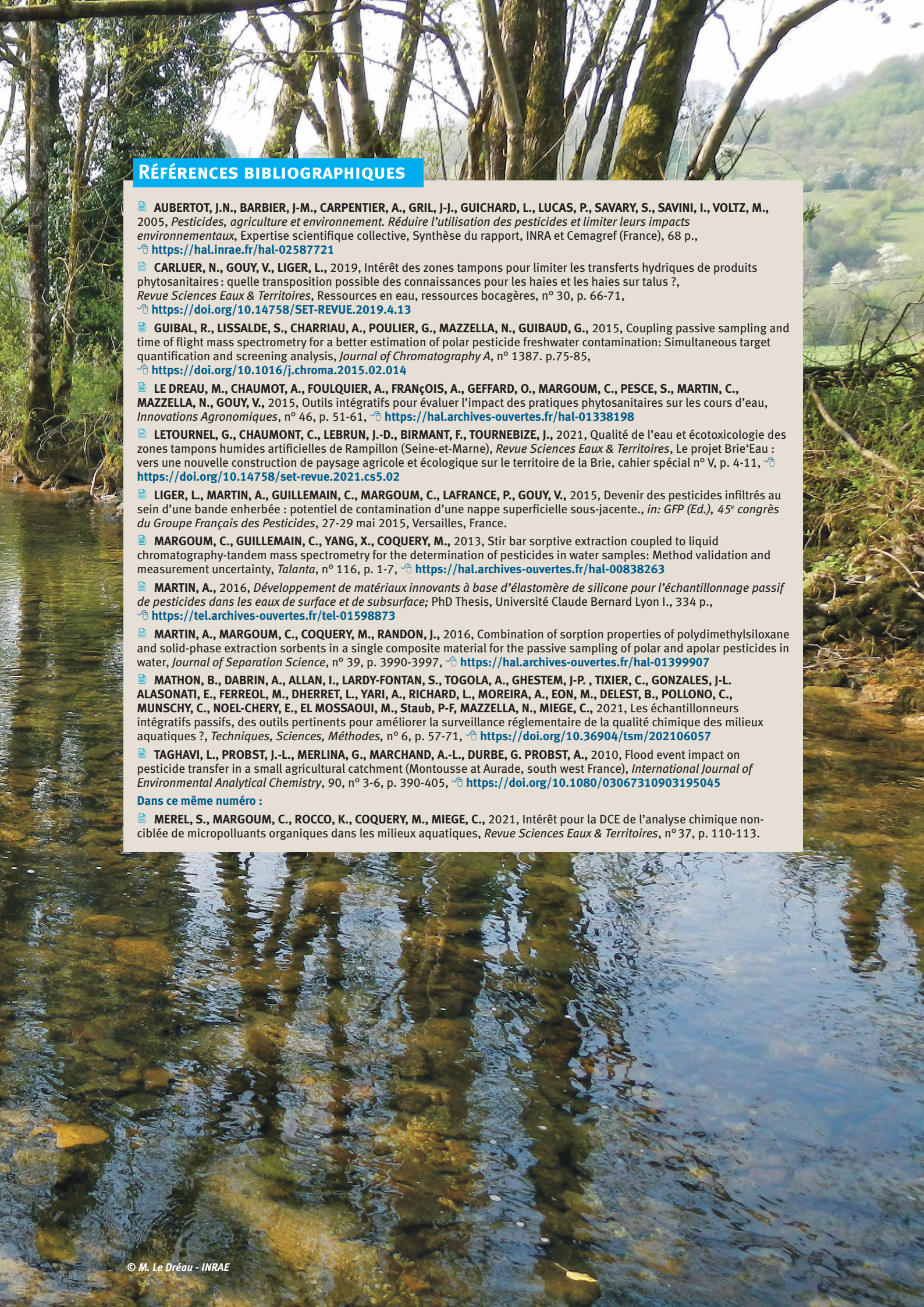
ALVAREZ, D.A., PETTY, J.D., HUCKINS, J.N., JONES-LEPP, T.L., GETTING, D.T., GODDARD, J., MANAHAN, S.E., 2004, Development of a passive, in situ, integrative sampler for hydrophilic organic contaminants in aquatic environments, *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, vol. 23, n° 7, p. 1640-1648, https://doi.org/10.1897/03-603

HUCKINS, J.N., PETTY, J.D., BOOIJ, K., 2006, *Monitors of Organic Chemicals in the Environnement*, Springer, New York.

MAZZELLA, N., COQUERY, M., MIEGE, C., BERHO, C., GHESTEM, J.-P., TOGOLA, A., GONZALEZ, J.-L., TOXIER, C., LARDY-FONTAN, S., 2011, *Applicabilité des échantillonneurs passifs dans le cadre de la DCE*, 80 p., https://www.aquaref.fr/applicabilite-echantillonneurs-passifs-cadre-dce

VRANA, B., MILLS, G.A., ALLAN, I.J., DOMINIAK, E., SVENSSON, K., KNUTSSON, J., MORRISON, G., GREENWOOD, R., 2005, Passive sampling techniques for monitoring pollutants in water, *Trac Trends in Analytical Chemistry*, n° 24, p. 845-868, https://doi.org/10.1016/j.trac.2005.06.006

ZABR, 2021, Fiches outils opérationnels : Les échantillonneurs intégratifs passifs comme outils de diagnostic des contaminations par les micropolluants, https://www.zabr.assograie.org/boite-a-outils/



Références bibliographiques

AUBERTOT, J.N., BARBIER, J-M., CARPENTIER, A., GRIL, J-J., GUICHARD, L., LUCAS, P., SAVARY, S., SAVINI, I., VOLTZ, M., 2005, *Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux*, Expertise scientifique collective, Synthèse du rapport, INRA et Cemagref (France), 68 p., https://hal.inrae.fr/hal-02587721

CARLUER, N., GOUY, V., LIGER, L., 2019, Intérêt des zones tampons pour limiter les transferts hydriques de produits phytosanitaires : quelle transposition possible des connaissances pour les haies et les haies sur talus ?, *Revue Sciences Eaux & Territoires*, Ressources en eau, ressources bocagères, n° 30, p. 66-71, https://doi.org/10.14758/SET-REVUE.2019.4.13

GUIBAL, R., LISSALDE, S., CHARRIAU, A., POULIER, G., MAZZELLA, N., GUIBAUD, G., 2015, Coupling passive sampling and time of flight mass spectrometry for a better estimation of polar pesticide freshwater contamination: Simultaneous target quantification and screening analysis, *Journal of Chromatography A*, n° 1387. p.75-85, https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.02.014

LE DREAU, M., CHAUMOT, A., FOULQUIER, A., FRANçOIS, A., GEFFARD, O., MARGOUM, C., PESCE, S., MARTIN, C., MAZZELLA, N., GOUY, V., 2015, Outils intégratifs pour évaluer l'impact des pratiques phytosanitaires sur les cours d'eau, *Innovations Agronomiques*, n° 46, p. 51-61, https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01338198

LETOURNEL, G., CHAUMONT, C., LEBRUN, J.-D., BIRMANT, F., TOURNEBIZE, J., 2021, Qualité de l'eau et écotoxicologie des zones tampons humides artificielles de Rampillon (Seine-et-Marne), *Revue Sciences Eaux & Territoires*, Le projet Brie'Eau : vers une nouvelle construction de paysage agricole et écologique sur le territoire de la Brie, cahier spécial n° V, p. 4-11, https://doi.org/10.14758/set-revue.2021.cs5.02

LIGER, L., MARTIN, A., GUILLEMAIN, C., MARGOUM, C., LAFRANCE, P., GOUY, V., 2015, Devenir des pesticides infiltrés au sein d'une bande enherbée : potentiel de contamination d'une nappe superficielle sous-jacente., *in: GFP (Ed.), 45e congrès du Groupe Français des Pesticides*, 27-29 mai 2015, Versailles, France.

MARGOUM, C., GUILLEMAIN, C., YANG, X., COQUERY, M., 2013, Stir bar sorptive extraction coupled to liquid chromatography-tandem mass spectrometry for the determination of pesticides in water samples: Method validation and measurement uncertainty, *Talanta*, n° 116, p. 1-7, https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00838263

MARTIN, A., 2016, *Développement de matériaux innovants à base d'élastomère de silicone pour l'échantillonnage passif de pesticides dans les eaux de surface et de subsurface;* PhD Thesis, Université Claude Bernard Lyon I., 334 p., https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01598873

MARTIN, A., MARGOUM, C., COQUERY, M., RANDON, J., 2016, Combination of sorption properties of polydimethylsiloxane and solid-phase extraction sorbents in a single composite material for the passive sampling of polar and apolar pesticides in water, *Journal of Separation Science*, n° 39, p. 3990-3997, https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01399907

MATHON, B., DABRIN, A., ALLAN, I., LARDY-FONTAN, S., TOGOLA, A., GHESTEM, J-P. , TIXIER, C., GONZALES, J-L. ALASONATI, E., FERREOL, M., DHERRET, L., YARI, A., RICHARD, L., MOREIRA, A., EON, M., DELEST, B., POLLONO, C., MUNSCHY, C., NOEL-CHERY, E., EL MOSSAOUI, M., Staub, P-F, MAZZELLA, N., MIEGE, C., 2021, Les échantillonneurs intégratifs passifs, des outils pertinents pour améliorer la surveillance réglementaire de la qualité chimique des milieux aquatiques ?, *Techniques, Sciences, Méthodes,* n° 6, p. 57-71, https://doi.org/10.36904/tsm/202106057

TAGHAVI, L., PROBST, J.-L., MERLINA, G., MARCHAND, A.-L., DURBE, G. PROBST, A., 2010, Flood event impact on pesticide transfer in a small agricultural catchment (Montousse at Aurade, south west France), *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 90, n° 3-6, p. 390-405, https://doi.org/10.1080/03067310903195045

Dans ce même numéro :

MEREL, S., MARGOUM, C., ROCCO, K., COQUERY, M., MIEGE, C., 2021, Intérêt pour la DCE de l'analyse chimique non-ciblée de micropolluants organiques dans les milieux aquatiques, *Revue Sciences Eaux & Territoires*, n° 37, p. 110-113.

© M. Le Dréau - INRAE