



Evaluation de la qualité biologique et du fonctionnement de sites des rivières Drize et Marais (canton de Genève) à partir des communautés d'oligochètes des sédiments grossiers de surface

Rapport final du 13 février 2024



Impression

Editeur

Centre Suisse d'écotoxicologie appliquée, 1015 Lausanne, Suisse

Auteurs

Régis Vivien, Benoît Ferrari

Centre Suisse d'écotoxicologie appliquée

Contact

Régis Vivien: regis.vivien@centrecotox.ch

Citation

Vivien R, Ferrari BJD. 2024. Evaluation de la qualité biologique et du fonctionnement de sites des rivières Drize et Marais (canton de Genève) à partir des communautés d'oligochètes des sédiments grossiers. Centre Suisse d'écotoxicologie appliquée, Lausanne, Suisse.

Photo de couverture : Pascal Mulattieri, Biol'Eau



Résumé

Les impacts négatifs des activités humaines sur les écosystèmes fluviaux sont, entre autres, la réduction/modification de la connectivité entre les eaux de surface et les eaux souterraines et la contamination des eaux de surface et des eaux souterraines. Les sédiments grossiers de surface et la zone hyporhéique (= matrice poreuse) stockent les polluants et les échanges hydrologiques verticaux s'effectuent principalement à travers ces compartiments. Ces échanges hydrologiques participent à l'autoépuration du cours d'eau et un excès d'infiltration peut conduire à une contamination des eaux souterraines. La méthode des traits fonctionnels (FTR) basée sur l'étude des communautés d'oligochètes dans les sédiments grossiers de surface et la zone hyporhéique permet d'évaluer simultanément les effets des polluants présents dans ces compartiments et la dynamique des échanges hydrologiques verticaux. Cette méthode s'est avérée particulièrement adaptée pour détecter les effets des effluents des déversoirs d'orages et des STEP sur les cours d'eau récepteurs. Les taxons d'oligochètes sont classés en différents traits fonctionnels (FTR). Le FTR1, incluant les espèces/taxons souterrains ou stygophiles, est un indicateur d'exfiltration des eaux souterraines, et les FTR2, FTR3 et FTR4 comprennent, respectivement, les taxons intolérants, moyennement résistants, résistants et très résistants à la pollution. Le fonctionnement d'un cours d'eau peut être défini comme la résultante des interactions entre les apports de substances chimiques dans la matrice poreuse et la dynamique des échanges hydrologiques verticaux. Le calcul du potentiel écologique (PE) est basé sur les pourcentages des FTR1, FTR2, FTR3 et FTR4 et permet de déterminer le degré d'altération du fonctionnement du cours d'eau, de préservé à très altéré. Dans la présente étude, la méthode des Traits fonctionnels a été appliquée dans le secteur amont de la Drize (site de référence) et dans le ruisseau des Marais à proximité de son embouchure dans la Drize et dans la Drize en aval de cette confluence. Une pollution dans le Marais a été constatée en 2022 et un impact du Marais sur la qualité de l'eau de la Drize était suspecté. Les résultats des oligochètes ont montré un fonctionnement peu altéré du cours d'eau en amont de la Drize, un fonctionnement moyennement altéré dans le Marais et un fonctionnement altéré en aval de la confluence du Marais avec la Drize. La moins bonne qualité biologique dans la Drize en aval de la confluence que dans la zone amont du cours d'eau pourrait entre autres être expliquée par l'apport d'eaux polluées par le Marais. Les résultats ont aussi indiqué des exfiltrations importantes des eaux souterraines au niveau des trois sites. Celles-ci permettent une autoépuration du cours d'eau sans laquelle la qualité biologique serait probablement moindre au niveau des trois sites. Une application de la méthode TRF sur ces sites lorsque les exfiltrations des eaux souterraines sont moins importantes (par ex. en hiver) est suggérée.

Table des matières

Résumé	ii
1 Introduction.....	1
2 Matériel et Méthodes.....	2
2.1 Sites d'étude	2
2.2 Echantillonnage et procédures de laboratoire.....	2
2.3 Analyse de la composition des communautés d'oligochètes	2
2.3.1 Traits fonctionnels	2
2.3.2 Potentiel écologique.....	3
3 Résultats et discussion.....	4
4 Références	5
5 Annexes	6



1 Introduction

Les impacts négatifs des activités humaines sur les écosystèmes fluviaux sont, entre autres, la réduction/modification de la connexion entre les eaux de surface et les eaux souterraines et la contamination des eaux de surface et des eaux souterraines. La dynamique des échanges hydrologiques verticaux est dépendante du contexte géomorphique mais peut être fortement influencée par les activités humaines (Lafont et al., 2010; Lafont et Vivier, 2006). L'infiltration des eaux de surface dans les eaux souterraines peut être provoquée, par exemple, par un abaissement du niveau de la nappe phréatique dû à un pompage excessif des eaux souterraines, à des rejets de déversoirs d'orage (augmentation brusque des débits) et à des crues accentuées par la présence de surfaces imperméables dans le bassin versant. Le fonctionnement de l'écosystème des cours d'eau peut être défini comme la résultante des interactions entre la dynamique des échanges hydrologiques verticaux et les apports de substances chimiques (i.e. matière organique et polluants (Lafont et al., 2010; Lafont et al., 2012; Schmitt et al., 2011).

Les sédiments grossiers de surface et la zone hyporhéique, regroupés sous le nom de « matrice poreuse », sont généralement des habitats prédominants dans les cours d'eau et jouent un rôle écologique important. Ces compartiments ont la propriété de stocker les polluants et constituent le substrat à travers lequel se produisent les échanges hydrologiques verticaux. Ces échanges hydrologiques participent à l'autoépuration du cours d'eau, les alternances infiltration/exfiltration étant bénéfiques pour le cours d'eau. Mais les échanges hydrologiques verticaux peuvent également conduire à une altération de la qualité des eaux de surface, de la matrice poreuse et des eaux souterraines. Un excès d'infiltration peut conduire à une contamination des eaux souterraines par des eaux de surface polluées, et une exfiltration d'eaux souterraines polluées peut conduire à une dégradation de la qualité de la matrice poreuse et des eaux de surface (Lafont et al., 2006). Un programme complet de surveillance environnementale devrait donc inclure l'évaluation de la qualité biologique de la matrice poreuse et des échanges hydrologiques verticaux.

La méthode Traits fonctionnels (TRF), basée sur l'étude des communautés d'oligochètes dans les sédiments grossiers de surface et la zone hyporhéique, permet d'évaluer simultanément les effets des polluants présents dans ces compartiments et la dynamique des échanges hydrologiques verticaux. Plusieurs études menées en France et en Suisse ont montré que cette approche était adaptée pour distinguer les sites préservés des sites altérés (Lafont et al., 2010; Vivien et al., 2021; Vivien et al., 2015). Vivien et al. (2019) et Lafont et al. (2010) ont montré que cette méthode était particulièrement adaptée pour évaluer les effets des effluents des déversoirs d'orage et des STEP sur la qualité biologique et le fonctionnement des cours d'eau récepteurs.

Dans la présente étude, la méthode Traits fonctionnels a été appliquée dans le secteur amont de la Drize (site de référence), dans le ruisseau des Marais à proximité de la confluence de ce cours d'eau avec la Drize et dans la Drize en aval de cette confluence. Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un projet dont le but est de déterminer, à l'aide de divers outils écotoxicologiques et biologiques, l'état de pollution du Marais dans lequel un déclin des populations de poissons (truite fario et vairon) a été observé en octobre 2022 et l'impact du Marais sur la qualité de l'eau de la Drize. Les oligochètes ont été collectés uniquement dans les sédiments grossiers de surface. L'étude des communautés d'oligochètes dans les seuls sédiments grossiers de surface fournit déjà des informations pertinentes sur la qualité biologique et le fonctionnement du cours d'eau tout en réduisant considérablement l'effort et le coût par site (Vivien et al., 2021; Vivien et al., 2019).

2 Matériel et Méthodes

2.1 Sites d'étude

Les sédiments grossiers de surface ont été échantillonnés le 2 octobre 2023 dans la Drize dans le secteur amont du cours d'eau (site amont Troinex, coord. 46.15293, 6.14884), en aval de la confluence de la Drize et du ruisseau des Marais (site aval confluence, coord. 46.16844, 6.14165) et dans le ruisseau des Marais à proximité de cette confluence (site Marais, coord. 46.16863, 6.14422). Entre les sources et le site amont Troinex, la Drize traverse des zones impactées par les activités humaines (zones agricoles, routes, industries) et donc une certaine altération du fonctionnement du cours d'eau devait déjà être observée au niveau du site amont Troinex. Les sources de pollution du Marais sont multiples, parmi lesquelles les rejets de déversoirs d'orages et les zones agricoles (pesticides, produits phytosanitaires, matière organique) que le ruisseau traverse (SECOE, 2011). Un état altéré du fonctionnement du cours d'eau était donc attendu au niveau de ce site et du site aval confluence. Lorsque le débit des cours d'eau est faible, les eaux souterraines peuvent alimenter le cours d'eau. Comme les débits du Marais et de la Drize étaient très faibles lors de l'échantillonnage, un pourcentage significatif d'espèces indicatrices d'exfiltration de la nappe pouvait être observé sur chaque site.

2.2 Echantillonnage et procédures de laboratoire

Sur chaque site, les sédiments grossiers de surface (de 5 à 10 cm de profondeur) ont été collectés à quatre endroits différents espacés de 5-10 m à l'aide d'une pelle et placés dans un récipient en plastique de 5 L (un récipient de 5 L par site). La granulométrie des échantillons de sédiments était similaire entre les sites (principalement du gravier, avec du sable et des cailloux). Selon le protocole proposé par Vivien et al. (2018), du formol neutre tamponné à 20% a ensuite été ajouté dans les récipients pour obtenir une concentration finale de 4% de formaldéhyde. Les échantillons ont été transportés au laboratoire à température ambiante.

Les sédiments ont été tamisés sur une colonne de tamis de vide de maille de 5 mm et 0,2 mm. Le matériel retenu sur le tamis de 0,2 mm de vide de maille a été transféré dans une boîte carrée de sous-échantillonnage (5x5 cases). Le contenu de cases choisies au hasard a été transféré dans une boîte de Pétri et examiné à la loupe binoculaire. Des cases successives ont été examinées jusqu'à ce que 100 oligochètes identifiables soient obtenus. Les spécimens d'oligochètes ont été montés sur des lames dans une solution d'enrobage semi-permanente composée d'acide lactique, de glycérol et d'alcool polyvinylique (Mowiol 4-88) (Reymond, 1994) et identifiés à l'espèce si possible, au genre ou la sous-famille / famille à l'aide d'un microscope.

2.3 Analyse de la composition des communautés d'oligochètes

2.3.1 Traits fonctionnels

Les taxons d'oligochètes sont classés en 5 catégories de trait fonctionnel T(TRF) différentes (Lafont et al., 2010; Lafont et Vivier, 2006; Vivier, 2006). L'analyse des pourcentages de ces 5 TRF obtenus par site permet d'évaluer le degré de pollution chimique ainsi que la dynamique des échanges hydrologiques entre les eaux de surface et les eaux souterraines. Le TRF1 comprend des taxons indiquant la présence d'une exfiltration des eaux souterraines. Ils sont soit souterrains, soit stygophiles, c'est-à-dire pouvant se développer dans la zone hyporhéique ou dans les eaux souterraines. Les TRF2, TRFi et TRF3 comprennent, respectivement, des taxons intolérants, modérément tolérants et tolérants à la pollution chimique. Le TRF4 comprend des taxons qui indiquent la présence de boues polluées dans les interstices de la matrice poreuse. Ces taxons sont très tolérants à la pollution. L'intensité des exfiltrations peut être déterminée grossièrement comme suit : TRF1 <15% : faible intensité ; 16-30% : intensité modérée ; 31-50% : forte intensité ; >50% : très forte intensité. Les taxons du TRF1 peuvent appartenir au TRF2 (taxons sensibles à la pollution) ou au TRF3 (taxons résistants à la pollution) ou à aucun autre TRF (aucun statut de résistance à la pollution attribué). Par exemple, *Marionina argentea* appartient aux TRF1 et

TRF2, *Pristina jenkinsae* aux TRF1 et TRF3 et *Styldrilus heringianus* uniquement au TRF1 (Tableau 1). Le calcul des pourcentages de taxons résistants et sensibles inclus dans le TRF1 permet ainsi d'évaluer l'état de pollution des eaux souterraines.

Tableau 1: Description des différents groupes de traits fonctionnels (TRF) et exemples de taxons caractéristiques de chaque TRF.

Traits fonctionnels	Exemples de taxons
TRF1: comprend des espèces/taxons spécifiques aux eaux souterraines. Ces taxons peuvent être sensibles ou résistants aux pollutions chimiques	Tous les Lumbriculidae excepté <i>Lumbriculus variegatus</i> ; <i>Haber</i> spp., <i>Pristina</i> spp., <i>Cernosvitoviella</i> spp., <i>Achaeta</i> spp., <i>Marionina argentea</i> , <i>Haplotaxis gordioides</i> , <i>Propappus volki</i> , <i>Chaetogaster parvus</i>
TRF2: comprend des espèces/taxons sensibles aux pollutions chimiques	<i>Cernosvitoviella</i> spp., <i>Marionina argentea</i> , <i>Eiseniella tetraedra</i> , <i>Nais alpina</i> , <i>Vejdovskyella comata</i> , <i>Styldrilus heringianus</i> , <i>Rhyacodrilus falciformis</i> , <i>Propappus volki</i> , <i>Haplotaxis gordioides</i>
TRF3: comprend des espèces/taxons résistants aux pollutions chimiques	<i>Nais elinguis</i> , <i>Pristina jenkinsae</i> , <i>Dero digitata</i> , <i>Globulidrilus riparius</i> , <i>Lumbriculus variegatus</i>
TRF4: comprend des espèces/taxons très résistants aux pollutions chimiques. TRF indicateur de la présence de boues polluées dans les interstices sédimentaires (effet « boues polluées »)	Tous les Tubificinae avec et sans soies capillaires excepté <i>Embolocephalus velutinus</i> et <i>Spirosperma ferox</i> ; <i>Bothrioneurum</i> sp., <i>Lumbricillus</i> spp.
TRFi: comprend des espèces/taxons moyennement résistants aux pollutions chimiques	<i>Chaetogaster diastrophus</i> , <i>C. diaphanus</i> , <i>Nais communis</i> , <i>N. christinae</i> , <i>N. barbata</i> , <i>N. pardalis</i> , <i>Slavina appendiculata</i>

2.3.2 Potentiel écologique

Le potentiel écologique (PE) décrit l'état de fonctionnement de la matrice poreuse (chaque compartiment séparément) et est calculé selon l'équation suivante (Lafont et al., 2010) :

$$PE = \text{Log}_2 [(\%TRF1 + \%TRF2) + 1] / [(\%TRF3 + \%TRF4) + 1]$$

Le PE correspond au rapport entre la somme des pourcentages de TRF considérés comme représentatifs d'un fonctionnement préservé et la somme des pourcentages de TRF représentatifs d'un fonctionnement altéré. Le PE permet de distinguer différents états de fonctionnement, de préservé à très altéré, selon le Tableau 2.

Tableau 2: Classes d'état de fonctionnement selon les valeurs de potentiel écologique (PE) obtenues

PE	Etat de fonctionnement
≥ 7	Préservé
≥ 4 et < 7	Peu altéré
≥ 2 et < 4	Moyennement altéré
> 0 et < 2	Altéré
≤ 0	Très altéré

3 Résultats et discussion

Au total, 19 taxons d'oligochètes ont été identifiés, 4 appartenant à la sous-famille des Tubificinae (Naididae), 2 à la sous-famille des Naidinae (Naididae), 4 à la sous-famille des Pristininae (Naididae), 5 à la famille des Enchytraeidae, 3 à la famille des Lumbriculidae et 1 à la famille des Lumbricidae (Annexe 1). Tous les taxons rencontrés sont communs dans les cours d'eau en Suisse, sauf l'espèce *Pristina longiseta* (rare ou assez rare).

Le site amont Troinex présente un fonctionnement peu altéré (Tableau 3). Le pourcentage de taxons sensibles est important (63,7%) et le pourcentage de taxons résistants est faible (6,9%). Le pourcentage de TRF1 est très élevé (>90%), ce qui montre de fortes exfiltrations des eaux souterraines.

Les sites Marais et aval confluence présentent des valeurs de PE proches. Les peuplements d'oligochètes indiquent au niveau du site Marais un fonctionnement moyennement altéré (mais valeur de PE proche de la classe altérée) et au niveau du site aval confluence un fonctionnement altéré. Bien que le pourcentage de taxons sensibles soit plutôt élevé sur chacun de ces sites, le pourcentage de taxons résistants y est assez élevé (plus de 25%). Les deux sites présentent des valeurs de TRF1 élevées (TRF1>70%), ce qui indique de fortes exfiltrations des eaux souterraines (Tableau 3).

Les peuplements d'oligochètes indiquent une qualité des eaux souterraines préservée au niveau du site amont Troinex et légèrement altérée au niveau des deux autres sites. En effet, parmi le groupe TRF1, le pourcentage de taxons résistants est faible au niveau du site amont Troinex (5,4%) et assez élevé au niveau des sites Marais et aval confluence (23,3% et 17,9%, respectivement). Mais le pourcentage de taxons sensibles du TRF1 sur ces deux derniers sites (52,3% et 41%, respectivement) est élevé (Tableau 3).

En conclusion, un fonctionnement faiblement altéré à amont Troinex et un fonctionnement moyennement altéré à altéré au niveau des deux autres sites ont été observés. La moins bonne qualité biologique dans la Drize en aval de la confluence que dans la zone amont du cours d'eau pourrait entre autres être expliquée par l'apport d'eaux polluées par le Marais. Les résultats ont aussi indiqué des exfiltrations importantes des eaux souterraines au niveau des trois sites. Celles-ci permettent une autoépuration du cours d'eau sans laquelle la qualité biologique serait probablement moindre au niveau des trois sites. Comme perspective, la méthode TRF pourrait être appliquée, pour comparaison, sur ces sites lorsque les exfiltrations des eaux souterraines sont moins importantes (par ex. en hiver).

Tableau 3: Pourcentages des différents traits fonctionnels (TRF) et valeurs de potentiel écologique (PE). Pour les valeurs de PE, la couleur orange = fonctionnement altéré ; couleur jaune = fonctionnement modérément altéré ; couleur verte = fonctionnement peu altéré

	amont Troinex	Marais	aval confluence
TRF1	91,2	83,5	76,5
TRF2	63,7	43,7	31,4
TRF3	5,9	20,4	23,5
TRF4	1	6,8	3,9
TRFi	5,9	9,7	9,8
PE	4,30	2,18	1,94

4 Références

- Lafont, M., Jézéquel, C., Vivier, A., Breil, P., Schmitt, L. et Bernoud, S. 2010. Refinement of biomonitoring of urban water courses by combining descriptive and ecohydrological approach. *Ecohydrol. Hydrobiol.* 10(1), 3-11.
- Lafont, M., Tixier, G., Marsalek, J., Jézéquel, C., Breil, P. et Schmitt, L. 2012. From research to operational biomonitoring of freshwaters: A suggested conceptual framework and practical solutions. *Ecohydrol. Hydrobiol.* 12(1), 9-20.
- Lafont, M. et Vivier, A. 2006. Oligochaete assemblages in the hyporheic zone and coarse surface sediments: Their importance for understanding of ecological functioning of watercourses. *Hydrobiologia* 564(1 SPEC. ISS.), 171-181.
- Lafont, M., Vivier, A., Nogueira, S., Namour, P. et Breil, P. 2006. Surface and hyporheic oligochaete assemblages in a French suburban stream. *Hydrobiologia* 564(1 SPEC. ISS.), 183-193.
- Reymond, O. 1994. Préparations microscopiques permanentes d'oligochètes: une méthode simple. *Préparations microscopiques permanentes d'oligochètes: une méthode simple. Bulletin de la société vaudoise des sciences naturelles* 83, 1-3.
- Schmitt, L., Lafont, M., Trémolières, M., Jezequel, C., Vivier, A., Breil, P., Namour, P., Valin, K. et Valette, L. 2011. Using hydro-geomorphological typologies in functional ecology: Preliminary results in contrasted hydrosystems. *Phys. Chem. Earth* 36(12), 539-548.
- SECOE 2011 La Drize et ses affluents. Etat 2010 et évolution depuis 1998, p. 62, Service de l'écologie de l'eau, Etat de Genève.
- Vivien, R., Jézéquel, C. et Lafont, M. 2021. Évaluation des effets de l'augmentation des débits réservés à l'aval de deux barrages du Haut-Rhône français à l'aide de l'examen des communautés d'oligochètes. *Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat.* 100, 103-118.
- Vivien, R., Lafont, M. et Ferrari, B.J.D. 2015. Utilisation des communautés d'oligochètes pour l'évaluation de la qualité biologique et du fonctionnement des cours d'eau: un bilan à partir de données genevoises (Suisse). *Archives des Sciences* 68, 105-116.
- Vivien, R., Lafont, M., Werner, I., Laluc, M. et Ferrari, B.J.D. 2019. Assessment of the effects of wastewater treatment plant effluents on receiving streams using oligochaete communities of the porous matrix. *Knowl. Manage. Aquatic Ecosystems* 265(420).
- Vivien, R., Werner, I. et Ferrari, B.J.D. 2018. Simultaneous preservation of the DNA quality, the community composition and the density of freshwater oligochaetes for the development of genetically based biological indices. *PeerJ* 2018(12).
- Vivier, A. (2006) Effets écologiques de rejets urbains de temps de pluie sur deux cours d'eau périurbains de l'ouest lyonnais et un ruisseau phréatique en plaine d'Alsace. PhD, L.P. University, Strasbourg.

5 Annexes

Annexe 1: Nombre de spécimens par taxon, avec indication entre parenthèses du TRF de chaque taxon

		amont Troinex	Marais	aval confluence
Tubificinae (Naididae)	Tubificinae sans soies capillaires non reconnaissables à l'état immature (TRF4)	1	5	1
	Tubificinae avec soies capillaires non reconnaissables à l'état immature (TRF4)			1
	<i>Lophochaeta ignota</i> (TRF4)		1	2
	<i>Aulodrilus pluriset</i> a (TRF4)		1	
Naidinae (Naididae)	<i>Chaetogaster diastrophus</i> (TRFi)	4	7	9
	<i>Nais elinguis</i> (TRF3)	1		10
Pristininae (Naididae)	<i>Pristina foreli</i> (TRF1 et 3)	2	3	8
	<i>Pristina jenkin</i> ae (TRF1 et 3)	3	17	6
	<i>Pristina longiseta</i> (TRF1)		3	
	<i>Pristina</i> sp. (TRF1)			1
Enchytraeidae	<i>Marionina argentea</i> (TRF1 et 2)	16	15	9
	<i>Marionina</i> sp. (TRFi)			1
	<i>Enchytraeus buchholzi</i> (TRFi)	2	1	
	<i>Cernosvitoviella</i> sp. (TRF1 et 2)	48	30	23
	Enchytraeidae g. sp. (TRFi)		1	
Lumbriculidae	<i>Lumbriculus variegatus</i> (TRF3)		1	
	<i>Stylo</i> drilus <i>heringianus</i> (TRF1)	6	10	5
	Lumbriculidae g. sp. (TRF1)	18	8	26
Lumbricidae	<i>Eiseniella tetraedra</i> (TRF2)	1		